تاريخ العلوم العام

المجلد الاول

العلم القديم والوسيط

من البدايات حتى سنة 1450م

بإشراف
رنيه تاتون

ترجمة
د. علي مقلد

المؤسسة الجامعية للدراسات والنشر والتوزيع

الطبعة الأولى
1408 هـ ـ 1988 م

المؤسسة الجامعية للدراسات والنشر والتوزيع

بيروت ـ الحمراء ـ شارع اميل اده ـ بناية سلام
هاتف : ٨٠٢٤٢٨ ـ ٨٠٢٤٠٧ ـ ٨٠٢٢٩٦
بيروت ـ المصيطبة ـ بناية طاهر هاتف : ٣٠١٠٣٠ ـ ٣١١٣١٠
ص . ب : ٦٣١١ / ١١٣ تلكس : LE ٢٠٦٦٥ ـ ٢٠٦٨٠ لبنان

العلم القديم والوسيط

هذا الكتاب ترجمة

HISTOIRE GÉNÉRALE DES SCIENCES

publiée sous la direction de

RENÉ TATON

Directeur scientifique au Centre national de la Recherche scientifique

---

TOME I

LA SCIENCE ANTIQUE ET MÉDIÉVALE

(DES ORIGINES A 1450)

par

R. ARNALDEZ, J. BEAUJEU, G. BEAUJOUAN, R. BLOCH, L. BOURGEY, E. M. BRUINS
A. DUPONT-SOMMER, J. FILLIOZAT, R. FURON, M. D. GRMEK, A. HAUDRICOURT
J. ITARD, R. LABAT, G. LEFEBVRE, P. LOUIS, L. MASSIGNON, P.-H. MICHEL
CH. MUGLER, J. NEEDHAM, J. F. PORGE, CL. F. A. SCHAEFFER, I. SIMON
G. STRESSER-PÉAN, R. TATON, J. THÉODORIDÈS, J. VERCOUTTER, CH. VIROLLEAUD
A. P. YOUSCHKEVITCH

PRÉFACE GÉNÉRALE

par

René TATON

DEUXIÈME ÉDITION RÉVISÉE ET MISE A JOUR

©PRESSES UNIVERSITAIRES DE FRANCE

مقدمة عامة
للتاريخ العام للعلوم

إن التاريخ العام للعلوم هو مجال علمي جديد نسبياً . وهو ، وان كان قد مُدِح بحرارة من قبل « الموسوعيين » ، ثم من قبل أوغست كونت Auguste Comte والمدرسة الوضعية ، الا أن ازدهاره الحق ، لا يعود الا الى مطلع عصرنا . واذا كانت بعض العلوم الخصوصية ، قدكانت موضوع دراسات معمقة ، فانه لم تقم اية محاولة جدية ، حتى الآن ، لرسم لوحة جامعة لتطور مختلف العلوم والتقنيات . الا أن الثورة التي أُدخلتْ ، الى حياة البشرية ، بفعل الوتيرة المتسارعة دوماً ، في مجال التقدم العلمي والتنمية الصناعية ، لم تتخلف عن إنارة العقول حول الترابط الوثيق القائم بين تطور هذه الفروع المختلفة للنشاط البشري وبين المظاهر الأخرى لتاريخ الحضارات .

من هذه الزاوية يكون لتاريخ العلوم بروز ونفع جديدان كل الجدّة . وإن هو احتفظ بقيمة جدّ خاصة بالنسبة الى رجل العلم ـ الذي لا يستطيع تجاهل ما قدمه سابقوه ، ولا تيارات الفكر العلمي الكبرى ـ وإن هو بقي موضوع دراسات ذات نفع أساسي بالنسبة الى الفيلسوف ، فإنه يدخل في مجال التاريخ العام ، الى جانب التاريخ السياسي ، والتاريخ الاقتصادي والاجتماعي ؛ ويبدو ، منذ اليوم ، كأحد الفصول الأكثر أهمية في تاريخ البشرية الثقافي .

وتاريخ العلوم ، لقربه من العلوم ومن الفلسفة ومن التاريخ العام بآنٍ معاً ، يقع موقعاً خاصاً جداً ، على حدود العلوم الانسانية ، والعلوم الخالصة والتقنيات . وموقعه المميز ، في منطقة تفاعلات خصبة ، يجعل منه أداة ثقافية عالية القيمة . وهكذا يبدو كأحد الأسس الرئيسية في الأنسنة العلمية الجديدة التي أصبح إعمالها ضرورياً جداً ، بفعل النمو السريع وبفعل التخصص المبتسر [المسرع في نضجه] في الدراسات العلمية والتقنية . والجهود المبذولة لتوسيع انتشاره بدأت تعطي ثمارها ، وقد عمد العديد من البلدان الى إدخال دراسة تاريخ العلوم في برامج التعليم العالي العلمي والأدبي ، وكذلك في برامج التعليم من الدرجة الثانية .

ومع هذا لم يُنشر أي بحث شامل حتى الآن يقدم صورة واضحة وموضوعية لمعارفنا الحاضرة ،

في هذا المجال الواسع . فالى جانب الدراسات المتخصصة ، لا يستطيع الجمهور المثقف العودة إلا إلى بعض الأعمال الخفيفة التي لا تقدم الا نظرات موجزة ومعلومات ذات قيمة غير أكيدة . والكتب غير المكتملة مع الأسف التي وضعها مؤرخو العلوم العظام مثل ألدو ميلي Aldo Mieli وجورج سارتون George Sarton ، ليست تماماً بمنأى عن هذه الانتقادات .

وهذه المجموعة الجديدة من تاريخ العلوم العام التي تكتمل أجزاؤها الأربعة بأربعة كتب من « التاريخ العام للتقنيات » ، والتي هي قيد النشر تحت ادارة موريس دو ماس ، تطمح الى سد هذه الثغرة ولو جزئياً ، وذلك بتقديم لوحة موضوعية وواضحة ، بشكل كافٍ ، عن تطور مجمل التاريخ العام للعلوم والتقنيات ، المعتبر أحد الاوجه الأساسية في تاريخ الحضارات .

ولم يخلُ إعدادُ وتحقيق مثل هذا المشروع من إثارة بعض المسائل الدقيقة ، سواء بالنسبة الى التوجيه العام الذي يجب أن يعطى للمجموع ، او بالنسبة الى وضع الخطة واختيار المؤلفين .

ومن أجل جعل هذه المجموعة في متناول الجمهور المثقف ، فان كتبها لا تتضمن الا القليل من الملاحظات والمراجع والمناقشات الانتقادية . فضلاً عن ذلك فإن المراجع الكتبية ، اذ تسمح للقارىء أن يتوجه توجهاً سليماً في ابحاثه اللاحقة والأكثر تعمقاً ، سوف تركّز الى أقصى حد . وفي حين تسهّل الصور المدرجة في النصّ فهم بعض المقاطع ، تهدف اللوحات الحَفْرية ، التي روقبت أصالتها بشدة ، الى اعطاء وابراز اطار الحياة العلمية لمختلف الأزمنة . وأخيراً ، ومع الاحتفاظ بالالتزام العلمي ، في المشاركات ، حاول المؤلفون أن يتفادوا استعمال لغة تقنية ، كما أنهم نوَّروا المقاطع الأكثر دقة بتفسيرات استكمالية تسهل قراءتها .

ويفرض تقديم لوحةٍ موضوعية ودقيقة للمعارف الحاضرة حول تطور العلوم ،منذ العصور لقديمة حتى عصرنا الحديث،وابتداء بالرياضيات حتى الطب، ـ اختيارَ العديد من المشاركين من ذوي الاختصاصات المتنوعة جداً ، الذين يعرفون بعمق وبصورة مباشرة الموضوع الواجب بحثه . والكتّابُ الذين ارتضوا المساهمة في كتابة هذا التاريخ العام للعلوم مشهورون بقيمة وأهمية أعمالهم . وهم متنوعو الثقافة والتكوين ، وقد عرفوا كيف يقدمون فصولهم تحت الأضواء الأكثر ملاءمة ، ومن جراء ذلك عرفوا كيف يقدمون رؤية صالحة ودقيقة جداً عن المجمل الذي يعجز عن انجازه مؤلِف واحد . وهم ، لم يَخْشوا ، عند عرض حالات البحث بشكل موضوعي ، في اطار دراساتهم ، أن يقدموا وجهات نظرهم الشخصية حول المسائل الأساسية . وهذه الحرية في التعبير ساعدت على إعطاء سلسلة البحوث حياة أزخم ، وذلك بفضل السماح بمقارنة التصورات الرئيسية . هذه الفصول المتتالية قد أحكم تنسيقها حتى يحتفظ للمجموع بوحدة العرض وباستمرارية كاملة ما أمكن . وقد سمح النشر المتوازي لمؤلفات « التاريخ العام التقني » ، في تحسين هذا التناسق وذلك بتحديد موضوعنا بصورة أدق ، مع تخفيض حالات التعرض لمجالات التطبيق العملي الى أقصى الحدود . وهاتان المجموعتان تشكلان كلاً متجانساً وتتكاملان بشكل منسجم .

يعالج الكتاب الأول من « التاريخ العام للعلوم » الحقبة الطويلة الممتدة من البدايات العلمية الأولى أثناء الأزمنة التي سبقت التاريخ ، حتى منتصف القرن الخامس عشر ، حين ظهرت في

« الغرب » البشائر الأولى للتجدد الذي سوف تكون نتائجه رئيسية بالنسبة الى التطور اللاحق في العلم . وتكمن ميزة هذه الحقبة في التطور الموازي للعلوم المرتبطة بمختلف الحضارات التي طبع مصيرها المراحل الكبرى لتطور البشرية . واذا كان قد بقي لنا القليل من المستندات عن تفتح العناصر الأولى للفكر العلمي خلال ما قبل التاريخ ، الا أن الحضارات الكبرى القديمة في الشرق : مصر ، ميزوبوتاميا Mésopotamie ، فينيقيا Phénicie واسرائيل ، الهند والصين ، تتيح لنا أن نشهد ولادة ونهضة العلوم التي ـ وان أخذت يومئذ بالاهتمامات السحرية والنفعية ـ عرفت ، بعضها على الأقل ، نمواً باهراً .

ولكن ، منذ القرن السادس قبل عصرنا ، أخذ بهاء العلوم الشرقية يبهت أمام فخامة تفتُّح العلم الهلليني ، الذي اقترن تقدمه العجيب بتصور أكثر عمقاً وأكثر تجريداً لدور العلم وبنيته . وعرف توسع العالم الاغريقي ، الذي تبع فتوحات الاسكندر نمواً سريعاً في المعارف ، الا أن هذا العلم الهلنستي الباهر عرف ، فيما بعد ، تدهوراً مفاجئاً لم يزده الفتح الروماني الا تفاقماً . وجاءت الغزوات الكبرى [لبرابرة الشمال] في القرن الخامس ، لتقضي ، في الغرب على الأقل ، قضاء شبه كامل ، على هذا العلم الاغريقي الروماني الذي أعطى للعالم تصوراً جديداً لأهداف العلم ولروحه بالذات .

وعرفت الحقبة اللاحقة ، التي تميزها عبارة « القرون الوسطى » بشكل جيد نوعاً ما ، من جديد ، علماً ذا حظوظ متنوعة ، ضمن حضارات رئيسية استمرت أو ظهرت في مختلف أرجاء العالم : أميركا ما قبل كولومبوس ، العالم العربي ، الهند ، الصين ، بيزنطة Byzance ، العالم السلافي وأوروبا الغربية . وأتاحت الاتصالات المتزايدة ، خلال هذه الحقبة ، لأوروبا الغربية أن تجمع وأن تتمثل ارث العلوم القديمة والعلوم العربية ، لِتُعِدَّ هكذا لازدهار فخمٍ لاحقٍ .

هذا النهوض الضخم في العلم الغربي ، الذي أعاد النظر ، على أسس جديدة ، بالارث القديم ـ فنجح في وضع أسس العلم الحديث ـ خصصنا له المجلد الثاني من هذه المجموعة .

ينطلق هذا المجلد الأخير من منتصف القرن الخامس عشر ، فيدرس نمو العلوم المتنوعة حتى نهاية القرن الثامن عشر . ورغم تقدم العلم في الأجزاء الأخرى من العالم كانت أقل أهمية في هذه الحقبة ، فقد حللت فيه ودرست .

وأخيراً يدرس الكتاب الثالث [ويتألف من مجلدين]، وهو الأضخم حجماً من الكتابين السابقين [مجلدٌ أول ومجلد ثانٍ]، نهضة العلم المعاصر منذ مطلع القرن التاسع عشر حتى أيامنا ، وهي حقبة موسومة بنمو متسارع في مجمل العلوم ، تبدو سيطرتها على حياة البشرية ، كل يوم ، أبرز ، كما أن طابعها الدولي يظهر بشكل مباشر وواضح .

مثل هذا المشروع الواسع ما كان له أن يتحقق لولا حماس واخلاص العديد من المشاركين الأجلاء الذين ارتضوا المساهمة فيه . وما كان له أن تظهر صورته لولا الرواد الأوائل الناشطون أمثال بول تانري Paul Tannery وجورج سارتون George Sarton اللذين عرفا كيف يدافعان ببلاغة ونجاح عن قضية « التاريخ العام للعلوم » .

لقد كانت الطبعة الثانية من هذا الكتاب موضوع مراجعة وتقويم دقيقين من قبل مختلف المؤلفين . فضلاً عن ذلك ، لقد أعيد النظر في العديد من الفصول توسيعاً وتعديلاً . ذلك هو حال ، الفصول التي تعالج ، بصورة خاصة ، العلم الهلنيني [أي المتعلق باغريقيا القديمة = أي قبل الاسكندر] والعلم العربي ، والعلم في الغرب الوسيطي المسيحي . وأخيراً وضع فصل تكميلي لدرس العلم عند السلافيين في القرون الوسطى . وقد استفدنا ، من أجل هذه المراجعة ، من مشاركة العديد من المؤلفين الجدد والذين لهم شكرنا من أجل مساهمتهم الثمينة . وقد استفدنا أيضاً من التجربة المكتسبة من جراء انجاز الأجزاء الأخرى ، كما استفدنا أيضاً ، من الآراء المفيدة غالباً التي تضمنتها تقارير بعض المؤلفين وبعض القراء النابهين .

وأعدنا النظر بالمرجعية ، زيادة وترتيباً وبشكل أكثر منهجية . وأخيراً وُسِّعت الفهارس . وقُرنت أسماء الاعلام بالتواريخ ما أمكن .

(ريني تاتون)

Rẹné taton

في فجر العلم :
الأزمنة السابقة على التاريخ

لا شك أن شرف الصفحة الأولى من كتاب مخصص لتاريخ العلوم يجب أن يعود الى رجال ما قبل التاريخ .

إن البشرية موجودة منذ ما يقارب مليوناً ونصف المليون من السنين ، ولكن نموَّ الفكر ظلَّ مجهولاً منا تماماً ، طيلة مئات من القرون ، لعدم وجود شواهد مادية ، غير الصناعات الحجرية .

ثم فجأة ، وفي القسم الأخير من عصر الحجر المقصوب ، ظهر الفكر البشري لنا من خلال المدافن والأدوات الفنية ، والمحفورات ، والتصاوير والمنحوتات . هذه الحقبة تغطي على الأكثر الخمسين ألف سنة الأخيرة . أما الحقب السابقة فلا نعرف عنها شيئاً ، لأن الناس يومئذ لم يهتدوا الى وسيلة تعبير معمرة ومفهومة منا .

وأخيراً ، وخلال العشرة آلاف سنة الأخيرة ، اخترع الانسان كل شيء واكتشف كل التقنيات ، منذ دولاب الفاخوري حتى استخدام الطاقة النووية .

ولا توجد أية مفارقة أو تناقض في عرض حالة العلوم في أزمنة ما قبل التاريخ . اننا بالضبط في فجر البحث العلمي ، في عصر يفكر فيه الانسان بشكل خاص في ارضاء حاجاته المادية . فهو لم يتدرب اطلاقاً على البحث « الخالص » ، لقد بدأ البداية الحقة ، بالتطبيق .

لقد بدأ الاستعمال ، والتطبيق ، قبل البحث العلمي بكثير ، البحث النازع الى تفسير والى تصنيف الأحداث اصطناعياً وكذلك الظاهرات التي سبق ذكرها تحت مظاهر أخرى . فالمعدِّنون الأوائل الذين ذوبوا ركاز النحاس ، منذ حوالى 7000 سنة ، لم تكن لديهم أية فكرة عن التمييز بين الأوكسيد Oxydes ، والكربونات Carbonates والسلفور Sulfure ، ولكنهم كانوا يعرفون البحث واستخدام الركازات التي تقدم لهم النحاس المعدني .

وقلما يستطيع تاريخ العلوم ، كما يُفْهَمُ عادة ، الذهابَ الى أبعد من ألفي أو ثلاثة آلاف سنة قبل عصرنا ، الى حقبة ، لم تكن فيها كُتُبٌ بعد ، ولكن عمارات ، وإنجازات فنية وتدوينات حفرية

تتيح استشفاف الفكر البشري .

وأبعد من ذلك ، كان « ليل الأزمنة » . ومع ذلك فسوف نحاول اعادة تكوين ما كانت عليه - خلال تلك الحقبة - المظاهر الأولى للمراقبة أو الملاحظة العلمية التي - سواء عُبِّرَ عنها بالكتابات أو بغيرها - تمثل المحاولات الأولى للعلوم . وكان بعض هؤلاء الرجال السابقين على التاريخ عباقرة كباراً ، ومن تعليمهم الشفوي نشأ علم القِدَمِ السابق على التاريخ والعلم التاريخي .

الأزمنة السابقة على التاريخ :

لكي نفهم جيداً نشأة الفكر والملاحظة العلمية ، يجب وضع هذا التطور في مدرج زمن البشرية بالذات .

لقد وجدت البشرية فوق سطح الكرة الأرضية منذ حوالى مليون ونصف مليون سنة . وهذه الحقبة ، التي تشكل العصر الرابع في التصنيف الجيولوجي ، هزتها تغيرات مناخية خطيرة . لقد أصاب الكرة الأرضية بردٌ عام كان من مظاهره دوائر ثلجية كبيرة في مناطق القطب الشمالي والقطب الجنوبي .

في منطقة نصف الكرة الشمالي ، غطيت اسكندينافيا Scandinavie بكتل ثلجية شبيهة بجبال غرونلند Groenland الحالية ، إلا أنها امتدت بعيداً نحو الجنوب ، فغطت المانيا الشمالية وهولندة ، وكل انكلترا تقريباً . أما جبال الثلج الألْپية فقد ارتدت اهمية بالغة . وكذلك كان الحال في امريكا الشمالية بفضل الكتلة الثلجية في كندا التي امتدت حتى الولايات المتحدة .

وقد وُجِدَ قديماً أربعة مراحل رئيسية لتقدم الثلوج ، تفصل بينها حقب غير ثلجية معتدلة أكثر حرارة من الأزمنة الحاضرة ، تركت مجالاً في أوروبا الغربية لحياة حيوانات من فصيلة الفيل والهيپوپوتام Hippopotames . وخلال المراحل الباردة كان عالم الحيوان يغلب فيه الماموث Mammouths والرنة Rennes . وبالتفصيل ، نميز بين إحدى عشرة مرحلة باردة . وكان لآخر تجميدة ، تسمى ثلجية « ورم » (Wurm) نتائج أكبر ، لأن الحيوانات الحارة لم تستطع البقاء حية في أوروبا ، ولا حتى في اسبانيا أو ايطاليا ، فزالت نهائياً .

ومنذ اثني عشر ألف سنة فقط اخذت الكتلة الثلجية في اسكاندينافيا تذوب نهائياً واخذ مستوى المحيطات يرتفع من جراء تزايد مياه الذوبان من كل مِثْلاجات العالم ، حتى اقتحم سطح الأرض بما فيها المانش La Manche .

وفي المناطق الاستوائية نزلت مثلاجات الجبال العالية في افريقيا الى الف متر والف وخمسمئة متر ادنى مما هي في ايامنا .

وضمن هذا الاطار المناخي تطورت البشرية ، بشرية لم يُعْرَفْ تاريخُها بعد ، لانعدام المستندات الكافية . وعلى كلٍ ، ساعد وجود عدد من هياكل الانسان المتحجرة والحيوان والنبات والصناعات الحجرية الكثيرة على تركيز عدد من الأحداث في الزمن خلال المليون سنة والنصف مليون الأخيرة .

وفي المنشأ وفي العصر الرابع الأسفل عثر على مجموعة من الكائنات اثارت طبيعتها الحقة النقاش الطويل وسُمِّيت تحت كلمة (الانسان السابق) (Préhominiens) ومنها الأوسترالوبيتك (Australopithèques) في ڤيلاّفرانشيان (Villafranchien) .

وفيما بعد عثر على أربعة أنواع من « البشر » (هومينيان) (Hominiens) متشابهة السمات هي : بيتكانثروب Pithécanthrope جاوه ، سيناثروب Sinanthrope الصين ثم اتلانثروب Atlanthrope الجزائر ثم مويرانثروب Maueranthrope أوروبا . [كلمة ثروب = إنسان]

كان هؤلاء الناس (هومينيان) يعرفون النار والشغل في الصوان . وكان اتلانثروب الجزائر ، المكتشف سنة 1954 ، صاحب أدوات معروفة تماماً في أوروبا وفي افريقيا ، صُنفت تحت شيليو اشيليان (Chellec - Acheuléen) . وتبدأ هذه المرحلة من العصر الحجري القديم مع بداية التجلد الداخلي « انترغلاسيار interglaciaire» وسميت « غونز ماندل= Gunz - Mindel» وتنتهي في نهاية تجلد « رس Riss» .

وفيما بعد لم يعثر الا على متحجرين ثابتين هما متحجر « سوانس كومب Swans Combe» في انكلترا ، ومتحجر فونتيشفاده «Fontéchevade» في فرنسا . والاثنان يُبْرِزان بوضوح سمات « الانسان الحكيم » «Homo Sapiens» ، ولكن عظام الجمجمة عنده كانت اكثر كثافة من عظامنا ، والأدوات التي كانت ترافق انسان « فونتي ـ شيفاده » تنتمي الى المستويات العليا من العصر الحجري القديم (العصر الثلجي الثاني وربما الثالث) . ومن أجل تثبيت أفضل للأفكار ، باستخدام ارقام افتراضية مشكوك بها يمكن القول ان هذين الأثرين عن « الانسان الحكيم » القديم يمثلان كل ما نعرفه عن الحقبة الممتدة من 800 الف سنة الى 100 ألف سنة . وسنداً لبصمات التلافيف الدماغية ولحجم الدماغ بالذات ، لم يكن هذا الانسان القديم يختلف عنا كثيراً .

وفي حقبة جديدة تتوافق مع آخر العصر الثلجي الثالث ومع الجليد الرابع الكبير نجد عدداً من الهياكل البشرية التي تنسب الى نمط آخر من البشر ، مختلف جداً واكثر قدماً هو انسان نياندرتال (Néanderthal) الأدفق [أي الطويل الفكين البارز الأسنان] ، ذو الجبهة المتراجعة ، النافر قوس الحاجبين . وكان يتواجد على الأقل في كل أوروبا وفي آسيا الغربية وفي أفريقيا . وكانت أدواته تتوافق مع العصر الحجري القديم المتوسط عند علماء الآثار . وفيما خصّ تطور الفكر ، نذكر بأن الانسان النياندرتالي كان يمارس المراسم الدفنية . وكانت الهياكل العظمية التي وجدت في « فراسي » (Ferrassie) (دوردونيه في فرنسا) مدفونة في حفر قليلة العمق مغطاة بحجارة مسطحة . أما هيكل « شابل أوسان » (كوريز) Corrèse فكان مدفوناً في حفرة مشابهة ، محاطة بالحجارة ومجاورة لقائمة حيوان بقري .

أما الهيكل العظمي الذي عثر عليه في موستي Moustier (دوردونيه) (Dordogne) فقد دفن منطوياً على ذاته ، ورأسه مستند على ذراعه الأيمن المثني . وعثر في دراشنلوخ (Drachenloch) ، في كانتون «سان ـ غال» في سويسرا على مكان للتضحية غريب نوعاً ما . ففي غارٍ كانت هناك جدرٌ

صغيرة من أحجار ناشفة رصفت بشكل ممرٍ صغير مملوء بالعظام ، وبجماجم دببة الكهوف ، في حين احتوى غار ثالث على نواويس من بلاطات حجرية كبيرة مملوءة بجماجم دببة مصفوفة بانتظام . وهناك أمثلة اخرى مشابهة في فرانكوني (Franconie) وفي ستيري (Styrie) .

ونصل أخيراً الى المرحلة الأخيرة ، مرحلة العصر الحجري القديم الأعلى . الذي يتوافق مع قسم من التجميد الأخير ، المتوافق مع آخر نبضات جليد ورميان Wurmien . تسمى هذه الحقبة بعصر « ران » (Renne) . وهي تقع انطلاقاً من 30 ألف سنة قبل المسيح . وفيها يُميز بين ثلاثة حضارات متتالية : حضارة أوريغناسيان Aurignacien ، وحضارة صوليتريان Solutréen ثم حضارة ماغداليينيان Magdolénien وبين ثلاثة اجناس من البشر ، كلها تدخل في « الانسان الحكيم » . انها من عرق « كرو ـ ماغنو » Cro-Magnon (1,85 طول متوسط) . وقد انتشر هذا العرق في أوروبا الغربية وفي أفريقيا الشمالية . وهناك عرق شانسيلاد (Chancelade) (قامة صغيرة ووجنات نافرة) تواجد من فرنسا حتى الصين . وأخيراً عرق غريمالدي (Grimaldi) ذي السمات المتوسطية .

مظاهر الفكر	الأنماط البشرية	التصنيف (اركيولوجي) الأثري archrdéogique	السنوات
عصور الحضارات المدينية للحقب السابقة للتاريخ زراعة ـ تربية مواشي	الحاضرة	بداية عصرنا معادن (نحاس برونز حديد)	صفر 0 إلى ـ 2500 2500 الى ـ 5000 5000 الى ـ 19000
صور محفورة رسم ونقش	شونسلاد Chancelade كروماغنون Cro Magnon كريمالدي Grimaldi	العصر الحجري القديم الأعلى ماغداليان Magdalénien صوليتريان Solutréen أوريغناسيان Aurignacien	10000 الى ـ 30000
الدفن	نيندرتال Néanderthal	الحجري القديم المتوسط موستاريان Moustérien ليڤالواسيان Levalloisien	30000الى ـ 100000
عدم = لا شيء	سوانكومب Swanscombe فونتيشڤاد Fontéchevade مورانثروب Maueranthrope أتلانثروب Atlanthrope سينانثروب Sinanthrope بيتكانثروب Pithecanthrope اوسترولوبيتاك Australopithèques	الحجري القديم الأسفل ليفالواسيان Levalloisien أشوليان Acheuleen شيليان chelléen	سابق على مئة ألف سنة
		السابق على شيليان زراعة ببل Pebble	1,750000

صورة رقم (1) مظاهر الفكر البشري عبر تطور البشرية

هذه الحضارات أصبحت اليوم محددة التواريخ :

- أوريغناسيان Aurignacien - بيري غورديان Périgordien من 50 ألف إلى 18ألف قبل المسيح .
- صولوتريان Solutréen من 18 ألف إلى 15ألف قبل المسيح .
- ماغداليniان Magdalénien من 15 إلى 10 آلاف سنة قبل المسيح .

وأناس العصر الحجري القديم باليوليتيك (Paléolithique) العالي كانوا يعرفون مراسم دفنية معقدة جداً ، ومراسم تعبدية تتلاءم مع حضارة الصيد والقنص . وقد تركوا لنا ، عدا عن صناعة حجرية وعظمية بالغة الدقة ، الكثير من الشواعد الفنية : تزيين الأشياء المنقولة أو المحفورات أو الملونات فوق جدران المغاور المأهولة .

وهكذا ننتقل فجأة من عالم غير معروف الى بشرية قريبة منا ، تركت لنا العديد من الشواهد عن حضارتها . وسوف تؤمن الألوف الأخيرة الاتصال بالتاريخ . ففيها نلاحظ حقبة ميزوليتية (Mésolithique) (العصر الحجري المتوسط) (حوالى الألف الثامن) ثم النيوليتيكي Néolithique (العصر الحجري الجديد) (صقل الأحجار ، وتربية الحيوانات والزراعة) وبعدها تم الانتقال الى عصر المعادن (النحاس ، البرونز والحديد) .

ويوجد رابط بين العصور القديمة وعصور ما قبل التاريخ . وكانت المعارف البشرية عديدة وشديدة الاتقان في الألف الأخير قبل عصرنا ، وحتى قبل ذلك . ويبدو أنها انتقلت جزئياً بفضل أجداد مثقفين ، انما غير مشهورين لأنهم لم يكونوا يعرفون حضارة المدينة . إن علماء ما قبل التاريخ كانوا « سحرة » .

وكان الانسان غير المتحضر شديد الملاحظة . فقد كان عنده الوقت لملاحظة النجوم ودرس المجرات . ودرس سلوكات الحيوانات الوحشية حينما كان يلاحقها أثناء القنص . وقد أجرى تجارب دقيقة حول النباتات المأكولة وغير المأكولة . وبحث أيضاً في المواد الأولية لأدواته وأسلحته ، التي كانت مصنوعة ، ولمدة طويلة ، من الحجر ومن المعدن . وأخيراً من المؤكد أن القناصين ثم التجار الأولين قد تعلموا باكراً كيفية العد .

واذن بخلال الالاف الغامضة من عصور ما قبل التاريخ حصلت المعارف الأولى عن الجيولوجيا ، وعلم الحيوان ، والنباتات والطب والتنجيم والرياضيات .

الجيولوجيا وفن المناجم

كانت غالبية الأدوات والمعدات والأسلحة عند الانسان ما قبل التاريخي من الصوان المصقول . وهذا يقتضي اختياراً من بين الأنواع العديدة من الأحجار التي كانت متيسرة الوجود فوق سطح الأرض في كل أقطار العالم . وقد أجريت اختبارات لصخور أخرى ، خاصة في البلدان المحرومة من الصوان . واستعمل الكوارتز Quartz ، والغرانيت Granite والشيست Schiste والكوارتزيت Quartzite وأحياناً الكالكير Calcaire القاسي [الحجر الكلسي] . ولكن المواد الأولية المختارة كانت الصوان . واستمر هذا الاستعمال طيلة مئات الالاف من السنين ، منذ الأدوات البدائية التي

كان يستعملها أجدادنا الأقدمون في سان ـ برست Saint - Prest وآبيڤيل Abbeville حتى الالاف الأخيرة وصولاً الى الاستعمال الشائع للمعادن .

وبعد استعمال الصخور الضخمة التي وجدت على السطح ، أخذ رجال ما قبل التاريخ يبحثون عن مقالع الصوان أي يقومون بالاستكشاف . وإذن فقد لاحظوا موقع الصوان في بعض طبقات القشرة الأرضية ، وهذا يدخل في نطاق الجيولوجيا ، ثم بعدها استثمروا هذا الصوان ، في ممرات تحت أرضية ، وهذا يدخل في فن المناجم . وهذا قد حصل بخلال الخمسة آلاف سنة الأخيرة قبل عصرنا ، بخلال العصر الحجري الجديد (نيوليتيك) (Néolithique) .

اكتشف الجيولوجيون البلاجكة (Belges) في سبِّيان (Spiennes) ، قرب « مونس »(Mons) مركزاً منجمياً « نيوليتيكياً » يعود الى 3000 ـ 2500 سنة قبل عصرنا . فقد عُثِرَ هناك على 25 بئراً قطر الواحد منها 80 سنتم تقريباً عمقها يتجاوز 12 م . فقد اجتاز اناس ما قبل التاريخ الأراضي السطحية ووصلوا الى الطبشور الصواني ، وغاصوا حتى الطبقة التي تلائمهم أكثر ، واستثمروا عندها هذا الصوان في ممرات ارتفاعها بين 1,5 م ومترين . وفيها عثر على معدات المنجميين : معاول من الصوان أو من عظم الأيل ، وفراعات مصقولة ومِهَدَّاتٍ من الصوان. وفي انكلترا في كهوف غريمس (Grime's Graves) (نورفولك) (Norfolk) ، عثر على 250 بئراً من 12 الى 13 متراً عمقاً . وفي فرنسا توجد مثل هذه الآبار المنجمية بعدة أماكن من «ميدون» Meudon قرب باريس حتى مور دباري Mur - de - Barrez في أفيرون Aveyron . ولكن المكان الأكثر اعجاباً هو معمل التقصيب في غرون برسييني (Grand - Pressigny) في الإنـدر واللوار (Indre — et — Loire) . وهذا المعمل الذي يعود الى 2500 حتى 2000 سنة قبل عصرنا ، يمتد فوق عدة كيلومترات . وكان الصوان المستعمل لونه أصفر شمعي . ويستخرج منه احجار تزن عدة كيلوغرامات وصفائح كانت تُصدَّر الى كل الغرب الأوروبي. وفي مصر، توجد أيضاً مناجم صوانية في الجبال الصخرية في وادي النيل (من العصر الثالث الجيولوجي) .

وعدا عن الصوان استثمر رجال ما قبل التاريخ أحياناً الزجاج البركاني ، والسبج (الأوبسيديان) (Obsidienne) التي كانت تقدم لهم قطعاً جميلة مصقولة ولكنها حادة المقطع ورهيفة . وعرفوا أيضاً كثيراً من شبه المعادن القاسية التي أعجبهم مظهرها ولونها ، واستخدموها لزيناتهم مثل حجارة وصفائح الاغات agate والكورنالين Cornaline الأحمر و التركواز Turquoise ، والقلايس Callais والهيماتيت hématite الخ .

وفيما بعد أي في الآلاف الأخيرة قبل عصرنا قام المنجمون باستكشاف واستثمار التراب المعدني (ركاز) كالنحاس ثم القصدير اللازم لاستعمال البرونز وأخيراً الحديد .

علم الحيوان وعلم سلوكات الحيوان المتوحشة (Zoologie et Ethologie) .

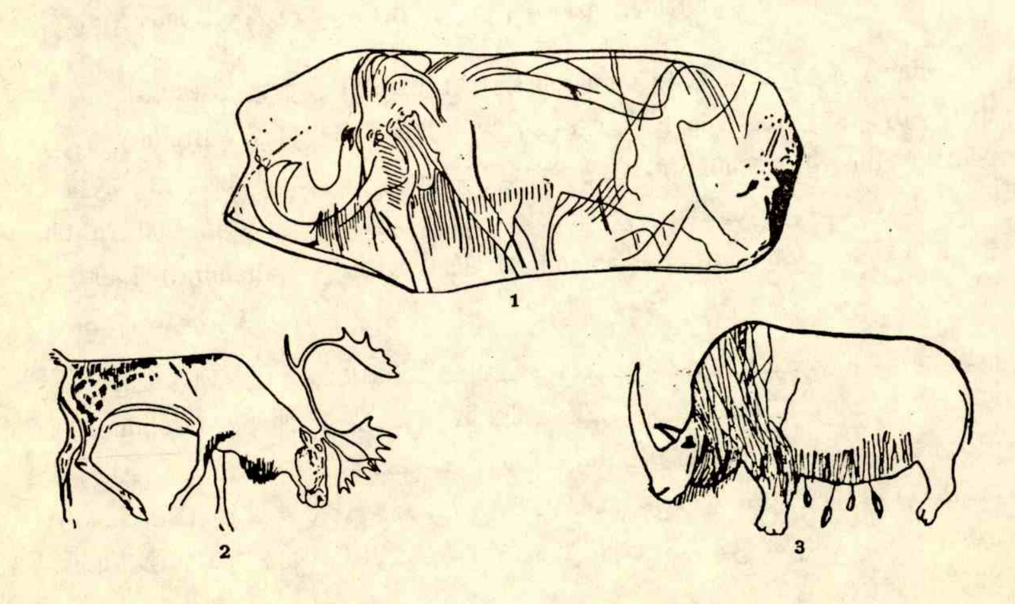
عاش رجال ما قبل التاريخ في عالم يختلف أحياناً عن عالمنا ، نتيجة اختلافات المناخ التي أحدثت

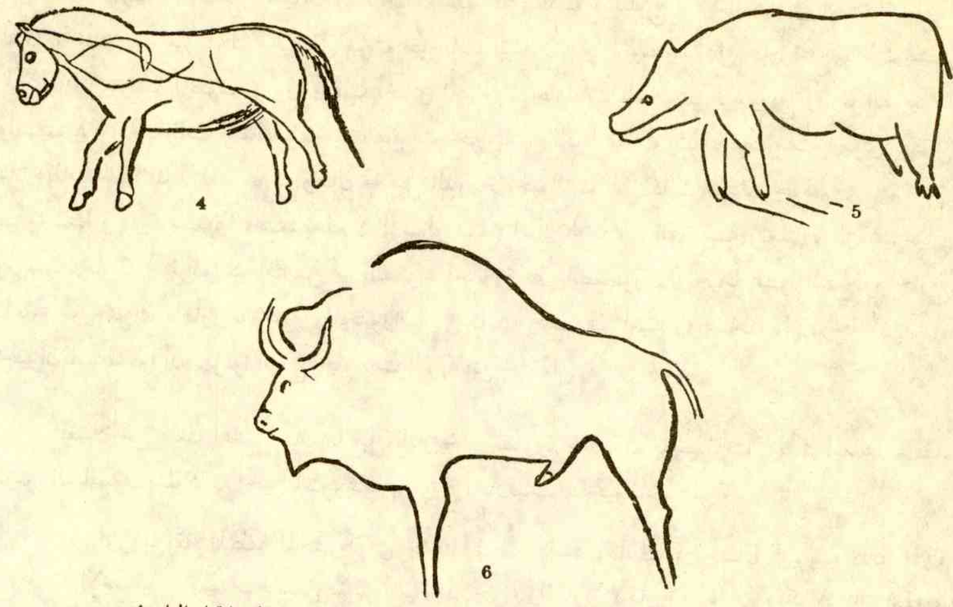
تغييرات عميقة في عالمي الحيوان والنبات . فقد أدى اتساع الثلوج وانتشارها في اسكندينافيا Scandinavie وأميركا الشمالية الى موت حيوانات البلدان الحارة وساعد على هجرة الحيوانات مثل الرَّنة renne نحو الجنوب . وفي حقب أخرى اجتاحت حيوانات السهوب الآسيوية أوروبا الغربية . ونعرف هذه الحيوانات المتتالية الموجات من متحجراتها . ولكننا نمتلك بشأنها معلومات أخرى بفضل ملاحظات أسلافنا . لقد عرف رجال ما قبل التاريخ الحيوانات التي كانت تعيش حولهم . فهم حين ميزوا بينها وحين رسموها قاموا بعلم (الزيولوجيا) (Zoologie) الوصفية وبعلم « الزوغرافيا » [رسم الحيوان] وتركوا لنا أطالس من الصور المحفورة على الصخور ، وأحياناً غطوا الصخور خارج المغاور أو جدران المغاور بالرسوم والمحفورات . وكانت رسومهم أمينة وواضحة الى درجة أن علماء الحيوان استطاعوا أن يعرفوا أنواع الحيوانات البرية من خلالها .

فضلاً عن ذلك اهتم رجال ما قبل التاريخ ، بصورة خاصة ، بالحيوانات بقصد أسرها ، فقد درس القناصون سلوكات الحيوانات وعاداتها أي « أخلاقيات » الحيوانات البرية .

وفي أوروبا تقع المنطقة المحظوظة في جنوب غرب فرنسا وكذلك في جبال البيرينه Pyrénées الفرنسية الإسبانية . وسوف نكتفي بذكر أسماء الملاجيء والمغاور الأكثر شهرة : لاسكو (Lascaux) ، لوسل (Laussel) ، كومبارل Combarelles ، فون دي غوم Font-de- Gaume ، روفينياك Rouffignac (في الدوردونيه La Dordogne) لسبوني Lespugne نيو Niaux لوماس دازيل Le Mas D'azil ، لورد Lourdes ، ستوريتز Isturitz (في البيرينة الفرنسية) التاميرا Altamira (في البيرنيه الكنتبرية) Pyrénées Cantabriques .

وبعض جدران هذه المغاور مغطاة بمحفورات وبصور هي من صنع الأوريغناسيان (Aurignaciens) والمغدالينيان (Magdaléniens) فيما بين الألف الحادي عشر والألف الثلاثين .





صورة 2 ـ الحيوانات في العصر الرابع في أوروبا الغربية كما رسمها رجال ما قبل التاريخ :

1 ـ الماموث محفور في مغارة المادلين (Madeleine) -
2 ـ الرنة renne وهي ترعى في تنجن Thaingen في سويسرا (سنداً إلى آ ـ هيم) .
3 ـ الرينوسوروس Rhinocéros الصوفي محفور على مغارة كولونبير Colombière (ل . مايت L - Mayet و ج . بيسوت J' Pissot) .
4 ـ حصان أمْسِكَ بالمشنقة في مغارة كومباريل Combarelles (هـ . برويل H-Breuil وكابتان L-Capitain وبيروني D - Peyrony).
5 ـ دب الكهوف محفور فوق حجر (غروت دي ماسات Grotte de Massat، ارياج Ariège) .
6 ـ بيزون Bizon محفور (مغارة غريز Grèze ، دوردوني Dordogne ، برو Breuil) .

في مغارة المغدالانيين ، في كومباريل ، (Combarelles) ، اكتشف كابتان (Capitan) وبرويل (Breuil) وبيروني (Peyrony) 291 رسماً مميزاً ، فيها 166 حصاناً و35 بيزوناً و 19 دباً و 14 رنة و 13 ماموثاً ورينوسوروس واحد . وفي مغارة فون ديغوم (Font - de - Gaume) اكتشف الباحثون 200 صورة : بيزون وأحصنة وماموث ورنة وايل وثيران ورينوسوروس وسنور ودببة الـ... وفي التاميرا (Altamira) في مقاطعة سانتندر (Santander) ، لم يوجد ماموت ولا رنة بل بيزون واحصنة وخنازير برية .

وهذه الدلائل الفنية استمرت أيضاً في العصر الحجري الوسيط (ميزوليتيك) (Mésolithique) في الشرق الاسباني ، مع مشاهد صيد وحرب . وظهرت حيوانات كثيرة مجروحة أو في الشرَّك مما يدل على حضارة قنص تهتم بسلوكات وعادات الحيوانات البرية . وفي أفريقيا تغطى الصحراء بمحفورات صخرية تتدرج تقريباً من الألف الخامس حتى بداية عصرنا . ورسوم الجمال تبدو حديثة العهد (بداية عصرنا) أما رسوم الخيل فتعود الى الألف الأول قبل عصرنا . في حين وجدت

محفورات أقدم ، تدل أن الحيوانات كانت تعيش في صحراء أكثر رطوبة من الآن . فهناك فيل ورينوسوروس ، وايبوبوتام وزرافات وحيارم [بقر ـ وحش] وثيران وخراف وظباء .

وتبدو دراسة هذه الحيوانات البرية مفيدة لتتبع أولى محاولات التدجين . فقد دجن جمل بكتريان (Bactriane) في آسيا الوسطى منذ الألف الثالث قبل عصرنا . وكذلك الحال بالنسبة الى الحصان . ونجد نفس الفكرة في مصر ، حيث يظن ي. ديشامبر (E - Dechambre) أن تقهقهر المناخ في القرن الرابع هو الذي حمل الصيادين على مراقبة تنقلات قطعان الظباء قبل حصرها ، وهي محاولة تدجينية لم تستمر ، انما يدل عليها العديد من الرسوم لقبور سلالات سابقة وأولى . وتأيداً لهذه الفرضية يجب أن نشير الى أننا نعرف فعلاً مراتب وسيطة بين القنص والتربية ، أو نوعاً من « الحرية المراقبة » مثل دراسة ج . روش (J — Rouch) حول «نصف التربية»، فيما يتعلق بالهيبوبوتام (Hippopotame) من قبل السوركو (Sorko) في وسط النيجر قبل الغزو الأوروبي .

وكان أناس ما قبل التاريخ يعرفون نوعاً من التشريح . ويذكر في هذا الشأن سمك مغارة الثيران في الغارون الأعلى (Haute - Garonne) (لسبون) (Lespugne) . انها صفيحة من العظام تمثل سمكة . ووجهها الرئيسي يظهر حاسة السمع مرسومة جيداً ، والفم بشكل خط صغير محفور في قلب ريشة عظم وُجدت في غوردان (Gourdan) ، وكذلك رسم تشبيهي للأنبوب الهضمي .

أما الرنة والأحصنة والبيزون والماموث والرينوسوروس الخ فمرسومة جيداً وواضحة .

ولم تقتصر معرفة الحيوانات على الفقريات فقط . فقد لعبت الهلاميات دوراً مهماً ، في التغذية أولاً ثم في الأثاث ، وفي الزينة والمبادلات . ومنذ العصر الحجري الأول الأعلى عثر على كومات من الأصداف : صحون وقوالب في جبل طارق ، وسنبكيات في بارما غرندي (Barma Grande) قرب مانتون (Menton) ـ وصحون وقوالب ومحار وصدف ومحار رقفالة في مغاور منطقة سانتندر (Santander) في اسبانيا . وفي العصر الحجري المتوسط وجدت أنواع البزاق في أفريقيا الشمالية وكل بقايا المطبخ الأوروبي حيث اختلطت كل الأنواع القابلة للطبخ مثل المحار والبزاق على أنواعه . وهنا نلاحظ وجود « انتقاء » بين العديد من الأنواع المتاحة .

وفي العصر الحجري القديم الأعلى ، ومنذ قبائل الأوريغناسيان (Les Aurignaciens) استعمل الصدف للزينة : عقوداً وزنانير الخ والكثير منها من أنواع «ليتورينا وناسا » Littorina et) (Nassa (محارات وقفف أو شبك) مثقوبة للتعليق . وكان أناس ما قبل التاريخ الذين لم يكونوا على شاطىء البحر يحصلون على الأصداف البحرية كما كانوا يستثمرون مناجم المتحجرات . وأصبحت الأصداف الحالية والمتحجرات موضوع تجارة . وتوزيعها يفيدنا لتحديد الطرق التجارية في الأعصر الحجرية القديمة . من ذلك أن متحجرات ما قبل التاريخ القديم في مغاور غريمالدي (Grimaldi) (قرب مانتون) (Menton) تضم مجموعات ممتازة أمكن التعرف فيها على 74 نوعاً متوسطياً مجاوراً ، وعلى 6 من شواطىء الأطلسي وواحدة من البحر الأحمر ـ ووجدت 25 متحجرة : 14 منها من العصر الرابع ، و7 من العصر الحجري الحديث متأتية من « أراضي بيوب » marnes de) (Biot أو من حوالى مدينة نيس (Nice) وبعضها من المناجم المتحجرة على شاطىء غارافانت

(Garavant) وبعضها متأت من مضاع نهر الرون (Rhône) .

وفي برونيكل (Bruniquel) (تارن وغارون) (Tarn - Et - Garonne) جاءت الأصداف المتحجرة من رمال روسيون (Roussillon) . وفي غوردان (Gourdan) (الغارون Garonne الأعلى) عثر على خليط من الأنواع الحية آتية من المحيط ومن المتوسط ، مع متحجرات من روسيون ومن اكيتان (Aquitaine) ومن أنجو (Anjou) . ويحتفظ تروغلوديت، (Les Troglodytes) وادي لس (Less) (بلجيكا) بمتحجرات في غرينيون (Grignon) (سن واز) (Seine—et—Oise)وسكان تنجن (Thaingen) (سويسرا) كانوا يشترون المتحجرات من سهول فيينا (النمسا) .

واستعملت اجزاء من الأصداف كملاعق وسكاكين ومثقلات للشباك . وهناك حوالى نصف العينات المكتشفة بالألوف ليست مأكولة ولا مثقوبة . ونجد فيها بشكل خاص أنواع ناسا (Nassa) ، وسيريتيوم (Cerithium) وتروشوس (Trochus) وكولومبالا (Columbella) . والسؤال يطرح : هل أن هذه الأصناف النادرة لم تكن تستعمل ، في ذلك الحين القديم ، كنقود كما كان الحال في افريقيا الى عهد قريب جداً

ونُذَكِّر بصيد الاسفنج اللؤلؤي من الخليج الفارسي [العربي] . وكان هذا الصيد يتم لحساب الكلدانيين. أما البحث عن الموركس (Murex) الذي يستخرج منه الأرجوان فكان يقوم به أهل جزيرة كريت والفينيقيون .

علم النبات والزراعة

ـ ان دراسة النباتات قديمة قدم الانسانية ، ذلك أن الانسان يعيش على القطاف أو المواسم . وهذه الحقبة القديمة جداً كانت تقتضي معارف نباتية جدية من أجل اختيار الجذور والجذوع والأوراق والأثمار والبزور المأكولة أو غير المضرة أو السامة . ونشير بهذا الشأن أن النباتيين يؤمنون بوجود 2500 نوع يؤكل على وجه الأرض ، 700 فقط منها تستحق القطاف .

وفي العصر الحجري الحديث فكر العباقرة بالغرس ، قبل عدة أشهر من القطف فكانت بداية الزراعة . ولدينا مستندات عديدة من حقبة « المدن البحيراتية » . وهناك تلال من المؤونة محفوظة ومطمورة في الطمي على أثر بعض الأحداث . ومن بين الأنواع البرية هناك العنم والبندق وبزور المشمش والتفاح والإجاص والجوز والكستناء والزان وسنابل البروم وحبوب النيل والفلفل وأوراق من أنواع عديدة الخ .

ومن بين الأنواع المزروعة القمح على أنواعه والشعير والقنب . وزُرع الرز في الصين قبل 5000 سنة من عصرنا . أما البلح فكان ينبت تلقائياً في المناطق الصحراوية الممتدة من « الصحراء الأفريقية الكبرى » الى ميزوبوتاميا (Mésopotamie) . وهو يعالج بنفس الشكل منذ 6000 سنة : تلقيح اصطناعي وزرع الشتل. وغرست انواع نباتية عددها 250 ، منها بعض القطانيات التي تؤمن جزئياً الغذاء لاعداد أكبر من الناس .

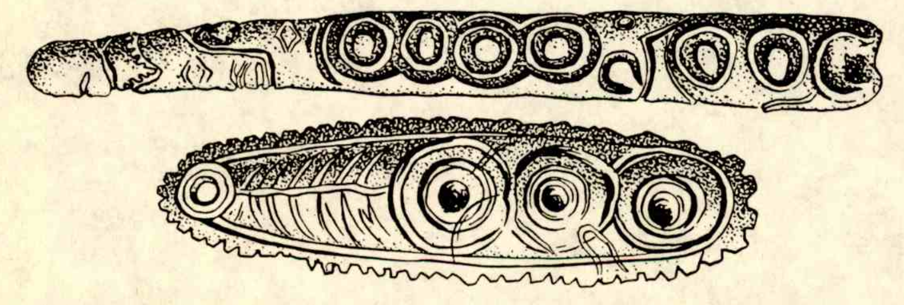
الطب والجراحة

أتاح فحص عظام الناس المتحجرين اكتشاف وجود بعض الأمراض . ولكننا نجهل ما كان عليه فن الطب في عصور ما قبل التاريخ . ولكننا نعرف وجود جراحين بارعين منذ العصر الحجري الجديد . اذ وجدت جماجم مجبَّرة وملتئمة الجروح مما يدل على أن العملية كانت تجرى على الحي . . . مثل هذه الجماجم تعود الى العصر الحجري الجديد وهي محفوظة في مجموعات متحف الانسان في باريس وقد وجد منها البارون بابي (Baye) في الكهوف المقابر في وادي بيتي موران (Petit - Morin) . وقد درس مجملها من قبل الدكتور لوكاس شامبيونيير (Lucas - Championnière) . وأشار هذا الى التشابه بين التجبير ما قبل التاريخي والتجبير الذي كان يمارسه الأميركيون قبل عصر كولومبوس ، وجماعة « القبائل » في صحراء الجزائر .

الرياضيات

من المفترض أن تكون العناصر الأولى في الحساب قد عرفت باكراً ، لأن الناس احتاجوا باكراً الى العد : عدد الطرائد أو الأدوات الحجرية . لا نستطيع التأكيد بشيء حول هذا الموضوع ، الا أنه عثر منذ العصر الحجري القديم الأعلى على خطوط (فُرَض) فوق الصخور ثم على قضبان العاج . ومنذ العصر الحجري القديم المتوسط ، وجد قضيب من عظم محزز ، اكتشف سنة 1937 في فيستونيس (Vestonice) (مورافيا) (Moravie) من عظم ساق ذئب ، فيه 55 حزاً مصفوفة ضمن مجموعات من خمسة . وهنا يجب التذكير أيضاً بصحون غريبة مدهونة منذ العصر الحجري المتوسط ، في ماس دازيل (Mas d'Azil) (آرياج) (Ariège) ، وتحمل نقطاً أو خطوطاً مرسومة بالتراب الأحمر . وأخذت الأساليب البدائية في العد تتعقد مع نمو التجارة في العصر الحجري الجديد ، ولكننا لا نملك الاثبات على ذلك ، غير ما يتحصل من الحضارات المدينية ، التي سوف نستعرضها في الفصول القادمة .

وفي العصر الحجري القديم الأعلى ، عثر على رسوم هندسية متعددة : نقط ، خطوط ، دوائر ودوائر حلزونية ، ومربعات ومثلثات . . . وليس القصد هندسة خالصة ، بل تزيينات على أثاث أو على وجود الصخور . واكتملت التقنية في العصر الحجري الجديد وفي عصر النحاس . وتدريجياً أخذت تظهر « الدواليب الشمسية » التى تذكر بكلمة علم الفلك أو علم الهيئة .



صورة 3 ـ خطوط ، معيّنات ، دوائر ، محفورة ومنحوتة على اشياء عاجية من العصر الحجري الجديد الأعلى .

علم الفلك

إنه علم تضيع عناصره الأولى في ليل الأزمنة ما قبل التاريخية . وقد تحسن هذا العلم في العصر الحجري الجديد عندما اقتضت الزراعة تقسيم الوقت ، والتنبؤ به : الدورة الثانوية ، الفصول ، دورات القمر . وقد لفت الانتباه المجرات ومواقعها منذ زمن طويل .

ودراسة بدايات علم النجوم في الحضارات الأقدم تدل على أنه اذا كانت هناك عبادات قمرية وشمسية ، فإن طلوع بعض الكواكب التابعة للشمس هو الذي روقب واستخدم لتقسيم الزمن ولتحديد أيام الأعياد . ولكن هذه المعارف انتشرت أيضاً لدى الشعوب التي ليس لها تاريخ .

فشعوب الميغاليتيك (Mégalithique) حفر منجموها الأوائل في الصخر رسوم بعض المجرات التي تسهل معرفتها مثل الدب الأكبر والدب الأصغر والثريات . وكانت كل نجمة تمثل بجورة صغيرة محفورة في الصخر. وقد درس الدكتور مارسيل بودوين (Marcel Baudouin) رسماً للثريات في (صخور بيرفول Pierres - Folles وفيلوزيير Filouzière وڤاندي Vendée) . وأشير الى عدة عشرات منها في فرنسا وخاصة في بريتانيا الفرنسية والڤاندي .

وفي نهاية العصر الحجري الجديد وفي زمن الميغاليت وجهت صخور المنهير (Les menhirs العظيمة وممراتها في معظمها (75 ٪) نحو الشرق (شروق الشمس) ، و 15 ٪ نحو الغرب (مغيب الشمس) و 10٪ نحو الجنوب .

ولم يوجه أي منها نحو الشمال . وكذلك كان حال المصاطب في مصر القديمة ، وكذلك الكنائس المسيحية الأولى كلها موجهة نحو الشرق . أما في مصر فكانت المغاور والمقابر في وادي الملوك موجهة نحو الغرب .

وقد لوحظ وجود انحراف عدة درجات نحو اليمين ، مما يدل على أن الأقدمين كانوا يظنون أن النجم القطبي ثابت وكانوا يجهلون تتابع الاعتدالين (Précession des équinoxes) . ومن جهة أخرى من المحتمل جداً أن هذه الاتجاهات كانت ترسم في أيام الاعتدالات والمدارات أي انقلاب الفصول الشمسية بالارتكاز لا على الشمس المشرقة بل على شروق النجمة المجاورة للشمس والمعلنة لشروقها .

***

تلك كانت مكتسبات انسان ما قبل التاريخ وحالة العلم في فجر الحضارات المدينية التي هي في أصل التاريخ مثل حضارة : مصر ، ميزوبوتاميا ، ايران ، الهند والصين .

مرجعية الكتب

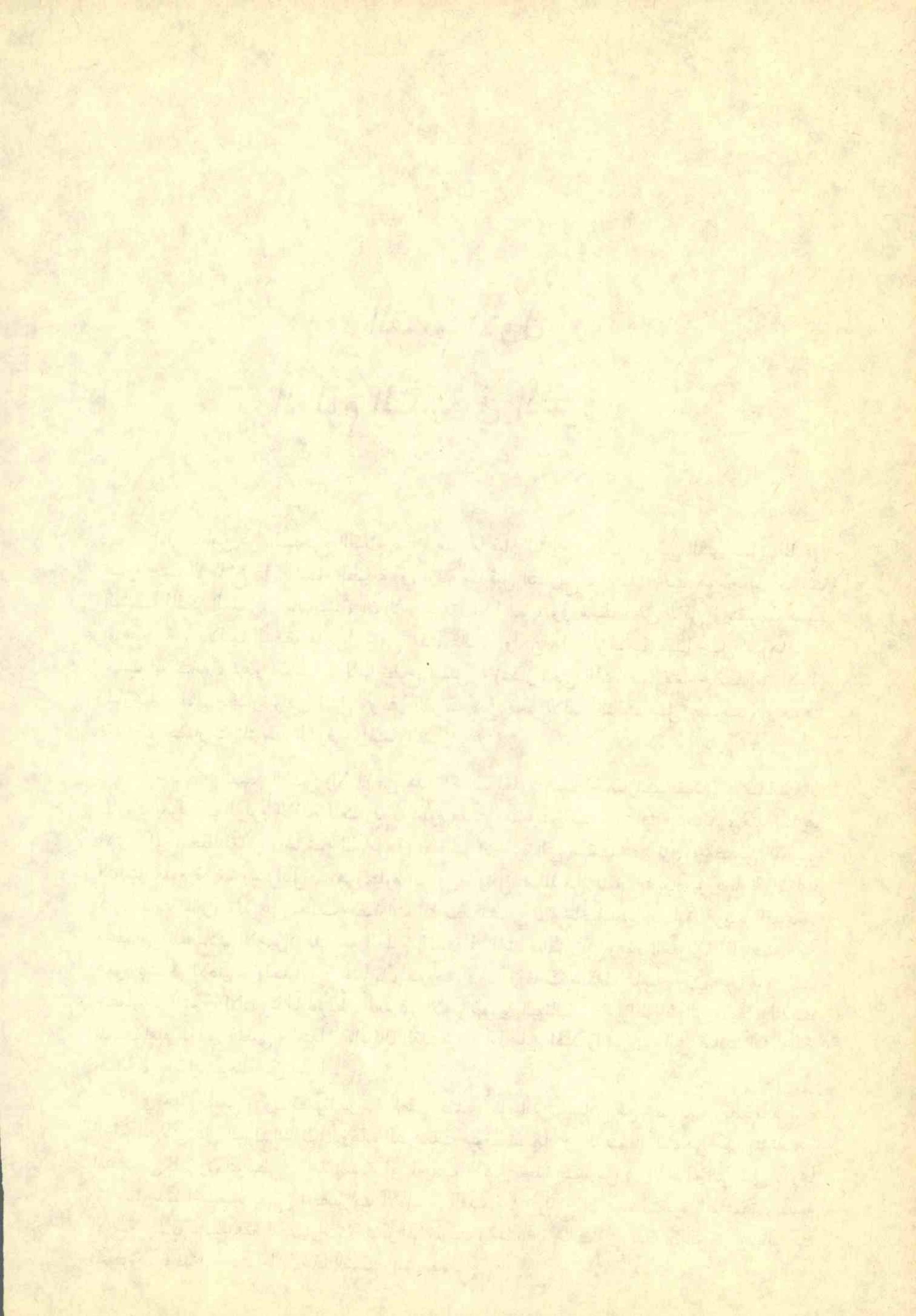
R. FURON, *Manuel de préhistoire générale*, 5e éd., Paris, 1966.
H. ALIMEN, *Atlas de préhistoire*, 2e éd., Paris, 1965.
A. VARAGNAC et divers, *L'Homme avant l'écriture*, Paris, 1959.
A. LEROI-GOURHAN, « Apparition et premier développement des techniques », in *Histoire générale des techniques*, éd. M. DAUMAS, t. I, Paris, 1962, pp. 3-74.
K. LINDNER, *La chasse préhistorique*, Paris, 1941.
A.-L. GUYOT, *Origine des plantes cultivées*, Paris, 1942.
L. CAPITAN, H. BREUIL, D. PEYRONY, *La caverne de Font-de-Gaume*, 1906. *Les Combarelles*, 1924.
E. CARTAILHAC, H. BREUIL, *La caverne d'Altamira*, 1906.
G. GOURY, *Origine et évolution de l'homme*, Paris, 1948.
H. BREUIL, *L'Afrique préhistorique*, 1930.
Th. MONOD, *Gravures, peintures et inscriptions rupestres du Sahara occidental*, Paris, 1938.
H. LHOTE, Gravures, peintures et inscriptions rupestres du Kaouar, de l'Aïr et de l'Adrar des Iforas, *Bull. Inst. fr. Afrique noire*, 1952.
R. PERRET, Les gravures rupestres et les peintures à l'ocre du Sahara français et du Fezzan, *Cahiers Ch. de Foucauld*, 1948.
P. H. FISCHER, Rôle des coquillages dans les premières civilisations humaines, *J. Conchyliologie*, 1949, t. 89, pp. 82-93, 149-157.
J. W. JACKSON, *Shells as evidence of the migrations of Early Culture*, Manchester, 1917.
E. DECHAMBRE, Le Sahara, centre primitif de domestication, *C. R. Soc. Biogéographie*, 1950, pp. 147-151.
R. MAUNY, Gravures, peintures et inscriptions rupestres de l'Ouest africain, *Publ. I.F.A.N.*, 1954.
Dr LUCAS-CHAMPIONNIÈRE, *Trépanation néolithique, trépanation précolombienne, trépanation des Kabyles, trépanation traditionnelle*, Paris, 1912.
D. E. SMITH, *History of Mathematics*, Boston, 1923-25, 2 vol.
Dr Marcel BAUDOUIN, *La préhistoire par les étoiles*, Paris, 1926.

القسم الأول
العلوم القديمة في الشرق

إذا كان من غير الصحيح الكلام عن « علم ما قبل التاريخ »، فان العرض الذي سبق دلنا على ظهور حب الاطلاع على أشياء الطبيعة في ازمنة ما قبل التاريخ ، وهذا الحب هو احد المميزات الرئيسية للفكر العلمي . بالتأكيد ، ان الأمر يتعلق هنا ايضاً ، وفي معظمه على الاقل ، بتقنيات مفيدة او سحرية ، دلالتها الدقيقة ما تزال تخفى علينا غالباً . ولكن هذه المرحلة ، مهما جُهِلَ امرها ، في غياب اية كتابة ، تبدو اساسية ، لأنها تطرح اسس الازدهار الغني الذي ظهر مع الحضارات الاولى التاريخية ، مثل حضارة وادي النيل ووادي الفرات ، في فجر الالف الثالث قبل عصرنا ، وبعدها بقليل ، حضارات المتوسط الشرقي والهند والصين .

ويخصص القسم الاكبر والأول من هذا الكتاب لعلوم هذه الحضارات القديمة . فالفصلان الأولان يعرضان العلوم الاقدم المعروفة : علوم مصر وميزوبوتاميا ، Mesopotamie ، منذ آثارها الاولى الى انحطاطها وزوالها شبه الكامل في الأعصر الاخيرة التي سبقت عصرنا . ويخصص الفصل الثالث لعلوم فينيقيا واسرائيل ، وهي علوم اقل بريقاً واقل اصالة من علوم مصر وميزوبوتاميا، الا انها كانت ذات تأثير مباشر على مختلف حضارات المتوسط الشرقي ، وخاصة على حضارة اغريقيا القديمة . ويخصص الفصلان الاخيران لدراسة العلوم القديمة في الهند والصين . وهذه العلوم ، اقل قدماً من علوم الشرق الادنى ، ولكنها ، في نشأتها وتطورها الأول ، كانت مستقلة تماماً . وفي حين ما، زالت حضارات الشرق الادنى تماماً تقريباً ، بعد نمو الامبراطورية اليونانية والامبراطورية الرومانية ، لتفسح المجال امام العلم الهلليني [المتعلق باليونان القديمة] ، أما علوم الهند والصين ، التي كانت ادق وأكثر أصالة ، فقد استمرت حتى ايامنا .

في هذا القسم الأول قصرنا دراسة العلم الهندي على القرن الثامن من عصرنا ، وقصرنا دراسة العلم الصيني على القرن الثالث : وهذه الدراسات سوف تستعاد في القسم الثالث من هذا المؤلف ، المخصص للقرون الوسطى ، أما بالنسبة إلى الحقب الأكثر جدة فتدرس في الأجزاء التي تلي . ربما يؤخذ علينا استبعاد بعض الحضارات الأخرى القديمة ؟ الواقع ان هذه الثغرة الظاهرة ، قليلة الأهمية ، لأن غالبية هذه الحضارات لا تبدو انها قدمت اية مساهمة حاسمة في تقدم العلوم . والمعلومات المتوفرة عنها قد ادرجت إما في هذا القسم وإما بعده .



الفصل الاول
مصر : مدخل تاريخي

عندما دخلت مصر في التاريخ ، في بداية الالف الثالث [ق. م] ، كان لها قبله ماضٍ طويل . عن هذا الماضي نعرف القليل ، على الاقل حتى اواخر الحقبة الانيوليتيكية éneolithique [الحقبة بين العصر الحجري الجديد وعصر استعمال المعدن] . واظهرت الحفريات التي اجريت في بعض المقابر من هذه الحقب ، في مصر العليا (نجادة ، Nagada هياراكون بوليس ، hiérakonpolis وبداري Badari) ، وفي المنطقة الجنوبية ، من الدلتا (المعادي ، هليوبوليس Héléopolis) اكتشاف اشياء - آنيةٍ ورؤوس ومطارقَ وألْواح من الشيست - مزينةٍ برموز اتاحت اعادة تكوين حالة الحضارة المصرية في القرون التي سبقت مباشرة الحقبة التاريخية . كانت مصر يومها تتألف من مملكتين . وظلت مقسومة الى اليوم الذي قامت فيه محاولة اولى - على يد عاهل من الجنوب « الملك سكوربيون Scorpion » - من اجل توحيد البلد ، وبعدها استطاع خليفته نارمر Narmer ان يكمل التوحيد .

واعتبر نارمر - (الذي يعتبر اليوم بانه مينيس Ménès) - بعد ان جمع تحت نفس الصولجان الشمال والجنوب - وكأنَّه مؤسس مصر الفرعونية واول ملوك السلالة الاولى . وتشكل هذه السلالة مع السلالة الثانية « الحقبة الثينية » : (3000 — 2778) او (2850 — 2650) . وسميت هكذا من اسم مدينة ثيس This (في جوار آبيدوس Abydos) مركز المقر الملكي . وجاءت بعد ذلك « الامبراطورية القديمة » ، بدون انتقال محسوس ، (السلالة الثالثة والرابعة) ، وهي التي بنت اهرامات سقارة والجيزة ، ورعت الفن الهندسي المعماري المدهش ، ووضعت المبتكرات الدينية الضخمة ، والانجازات الرائعة للعلماء الاوائل - خمسة قرون (2778 — 2263 او 2650 — 2190) سيطرت فيها خمسة اسماء لعظماء الملوك الممفيسيين ، : mémphites جيزر Djéser ، سنفرو Snéfrou ، شيوبس Chéops ، شفرين Chéphren ، ميكيرنوس Mykérinus ، اوناس Ounas ، تيتي Téti .

ونتجاوز قرنين ونصف ، وفيها خضعت مصر للغزو الخارجي وللصراعات الداخلية ، ولتفكك الوحدة الملكية . وفي فجر الالف الثاني نجد مصر جديدة قوية ومزدهرة تحت حكم ملوك اشداء امثال امنحوت Aménemhat وسيسو ستريس Sésostris من السلالة الثانية عشرة (2000 — 1785) . ونهاية هذه الحقبة التي تسمى الامبراطورية الوسطى ، كانت مظلمة هي ايضاً بالحروب المدنية وباحتلال مصر (على الأقل مصر الشمال) من قبل قبائل اسيوية : الهكسوس les hyksos . والى أيام أحد

ملوكها « اوسيري » Aouserre « (القرن السابع عشر قبل المسيح) تعود نسخة المستند الرياضي المعروف باسم « بابيروس رهند Papyrus Rhind» .

وجاء «ملك مخلِّص» فصحح الوضع : ان السلالة الثامنة عشر (1580 — 1314) بامثال امينوفيس Aménophis وتحوتمس Thoutmosis ما تزال تحتل الواجهة في تاريخ العالم الشرقي . ومن السلالتين الأُخْرَيين من الامبراطورية الجديدة ، التاسعة عشر والعشرين (1314 — 1085) خرج ملوك مشهورون بحق : سيتي الأول Séti I، رعمسيس Ramsès الثاني ورعمسيس الثالث .

وبعدها (الحقبة السفلى) التي تميزت بتقهقر مصر (1085 — 333) : + ملوك يقيمون في تانيز Tanis أو في بوباستيس Bubastis (السلالة الواحدة والعشرين ـ والسلالة الثالثة والعشرين) ، + إحتلال قسم من مصر على يد الاحباش ثم على يد الاشوريين (السلالة الرابعة والعشرين(24) والسلالة (25) + إنتعاش القوة المصرية بصورة مؤقتة على يد « بساميتيك الاول »Psammétique والملوك الآخرين من السلالة (26) المسماة « سيتي »Saite (663 — 525) + غلبة فارس طيلة قرنٍ من الزمن (525 — 404) + حرب التحرير وما تبعها من حقبة إستقلالية (404 — 341) . + سيطرة فارس من جديد ودامت سيطرتها ثماني سنوات ، الى ان وضع لها الاسكندر الكبير نهاية في سنة (333). إلا أن مصر في هذه الاثناء لم تتحرر بل غيرت أسيادها : فقد ظلت طيلة ثلاثة قرون محكومة من قبل ملوك من أصل مقدوني هم البطالسة .

ثم انتقلت في السنة (30) قبل المسيح لتصبح تحت سيطرة الشعب الروماني .

إن العرض الذي سبق ، أبرز حقبة الامبراطورية القديمة الطويلة والممجدة :

وهذه الحقبة كانت في تاريخ مصر هي الابرز والاكثر إصالة والاكثر خِصباً في الانجازات التي يصح أن توصف بأنها نهائية . والى هذه الحقبة يجب الرجوع بالاكتشافات التي أسست الرياضيات وعلم الفلك والطب . لم يصل إلينا أي كتاب علمي عن هذا الوقت ، ولكن أوراق البردى التي تتضمن رياضيات الامبراطورية الوسطى تفترض وجود عدة تجارب قديمة وعناية طويلة وبطيئة بعلم الاعداد . وهناك أيضاً دلائل منفردة ، قديمة التاريخ ، تقدم لنا بعض المعلومات حول هذا الموضوع : مثلاً تدوين من أيام السلالة الثالثة (مسطبة متجن Metjen) تدل على أن مساحة البيت كانت تحسب ، كما كانت تحسب مساحة كرم العنب ، منذ ذلك الحين ، بنفس الاسلوب الوارد في الپاپيروس رند ، ومن جهة اخرى تعتبر المجموعات الطبية الكبرى من أيام السلالة الثامنة عشرة : پابيروس إيبر Ebers ، پاپيروس سميث Smith نسخة طبق الاصل أو تكييفاً لمستندات يعود تاريخ تأليفها ، بدون أدنى شك إلى الامبراطورية القديمة .

ومن الواجب الافتراض ، أنه في خلال قرون لم يتقدم العلم المصري، على الاقل فيما يتعلق بالطب . إذ كما حصل لاطباء موليير Molière ، كان الاطباء المصريون ـ إما كسلاً فكرياً وإما تقديساً للماضي - « متعلقين بشكل أعمى بآراء القدماء ». وقد آمن بهذا ديودور الصقلي Diodore de Sicile (المعاصر ليوليوس قيصر Jules César) فكتب بهذا الشأن يقول (1 , 82) :

« كانوا يقررون معالجة المرض وفقاً لحكم مكتوبة ، حررها ونقلها عدد كبير من الاطباء الاقدمين المشهورين . وإن هم ، بعد إتباع حكم « الكتاب المقدس » لم يتوصلوا إلى شفاء المريض ، كانوا

يعتبرون أبرياء وغير ملومين . وإن هم بالعكس تصرفوا بخلاف الحِكم المكتوبة ، فقد يحكم عليهم بالموت ، إذ كان المشترع يعتقد أن القليل من الاشخاص يستطيع الوصول إلى إسلوب في الشفاء أفضل من الأسلوب المتبع منذ القديم والمقرر من قبل أفضل الناس في هذا الفن » .

وقد ظل الطب والجراحة منذ ما قبل 2800 سنة قبل عصرنا ، على ما هما عليه حتى نهاية إستقلال مصر . والجراحة قلما كان بأمكانها ان تتقدم نظراً للادوات التي كانت متاحة لها : فقد أعطت كل ما عندها وهو عظيم ولا شك ، وبفضلها تمتع الممارسون المصريون بشهرة عظيمة في الشرق القديم . وبحسب معارفنا الحاضرة ـ ولكن المصادر نادرة وفقيرة ـ يبدو أن الطب بالذات ، رغم إنفصاله المبكر عن الشعوذة لم يتوصل تماماً إلى إلغاء الصلاحيات السحرية والرقيات ، كما لم يتوصل أبداً إلى الارتكاز على التجريب والعقل تماماً .ومع ذلك لم يتوجه اليونانيون من هيبوقراط Hippocrate إلى غاليان Galien نحو الاشوريين البابليين بل نحو مصر ، الاقرب ، لكي يحصلوا ، خارج وطنهم ، على معلومات من شأنها أن تزيد في معارفهم أو تحسن أساليبهم الطبية .

وكان هيرودت Hérodote (2 , 109) ميالاً دائماً إلى الاعجاب بمصر ، فنسب إليها إختراع الهندسة (جيومتريا) التي نقلها الاغريق إلى بلادهم . ما كان يمكن أن تعني « هندسة » بالنسبة إلى هيرودت ، السابق بمدة قرنين على إقليدس Euclide؟ هل يقصد بهذه الكلمة أيضاً الحساب الذي ، (كما يظهر من بابيروس رَنْدْ) Papyrus Rhind درسه المصريون دراسة أوفى من دراسة الهندسة؟ وفي هذه الاثناء برع المصريون في فن العمارة . فقد إستطاع إيمحوتب Imhotep المهندس المعماري عند الملك جيسر Djéser أن يرفع هرماً بأربعة زوايا ثم بست زوايا فوق مسطبة . « ولكي يؤمن إستقرار العمارة أعطاها بنية مختلفة عن بنية المسطبة : فبدلاً من أن يركز الاسرَّة افقياً سلطها عامودياً على سطوح الوجوه ، حتى يطرح كل الثقل فوق مركز العمارة[1] » وفي أيام السلالة الرابعة والخامسة والسادسة ، كانت الاهرامات ذات أوجه مثلثة : فهرم شوبسChéops ذو الابعاد الكاملة إرتفع حوالي 146 متراً فوق الأرض . وفي ما بعد قطع المصريون من المقالع ونقلوا واقاموا أمام المعابد الاعمدة الضخمة ذات الحجر الواحد من الغرانيت . وكان احدها (أيام السلالة 18) يبلغ طوله 33 متراً تقريباً . وكأن المهندسين الذين انجزوا هذه الاعمال الباهرة لم يدرسوا مبادىء فنهم ، على ما يبدو ، في كتب ذات مستوى علمي اعلى من مستوى پابيروس رند الذي إحتوى وصف وقائع بدون تحليل ، ومسائل ذات حلول خالصة بدون أي دليل ولا أي صورة أو رسم تفسيري . ويمكن الظن أن الهندسة ، كما أظهرتها لنا هذه الپاپيروس لم تتجاوز مرحلة التجربة العملية .

ولكن في القرون التي تلت وقبل يقظة الفكر الاغريقي ، الم تُخْتَرَعْ جيومتريةٌ هدفها الوحيد ، ليس تزويد المسّاحين او المهندسين المعماريين بمعطيات مفيدة حول ورشاتهم ، بل هندسة خفية وضعت في ظل المعابد واحتفظ بها سرية من قبل مبدعيها ؟ ان بعض الأحاديث المنسوبة الى ديموقريط Démocrite وأرسطو Aristote لا تكفي لتغذية الأمل بان مثل هذا المستند يمكن يوماً ما ان يخرج من الانقاض او من القبر . وإذا تحقق هذا الأمل يكون الوصف ، « العلمي » المطبق على البابيروس الجديد ـ وهو ملحق قيم لبابيروس سمث Smith — مطبقاً بحق . إنما يجب توضيح معناه .

---

(1) J.Ph. Lauer, in Bull. inst d'Egypte, t 36 (1955). p 357.

لأن العلم المصري - مثلا علم بابيروس سميث - المجرد من كل عناصر اجنبية عن موضوعه ، والمؤسس على الملاحظة المعروضة بوضوح وبمنهجية ، وغير المشبع بالفلسفة ، ليس بالضبط علمنا ، اي العلم الذي تصوره الفكر اليوناني ونقله الينا . كتب آ. راي A . Rey [1] : « يتميز العلم المصري عن العلم الذي ازدهر في اليونان في القرن الخامس بانه خلو من كل نزعةٍ نظرية او كونية ، وذلك لكونه خلواً من كل متافيزيك métaphysique . انه تقنية ، وليس شيئاً آخر ، كما لمح بذلك افلاطون Platon ، عندما اعتبر ، خلافاً « للحب الهليني للعلم »، « حب الثروة » (المنفعية) ، كميزة من الميزات الأعم لدى الشعب المصري » [2] .

إن العلم اليوناني مهما بدا نظرياً وعقلانياً لم يتردد في الأخذ عن « التقنية » المصرية ما يمكن أن يساعده على التقدم . وهكذا ساهمت مصر ، بواسطة الاغريق ، بعد تراجعها - سواء في الرياضيات ام في الطب ، ساهمت في كمال وفي خير البشرية .

والآريون الغربيون الذين ، تحت قيادة الاسكندر ، تسللوا الى وادي النيل ثم توطنوا فيه لم يكونوا مجهولين من المصريين . « فالهونيبوت Haounebout من اصل ايوني في معظمهم ومن كاري Carie ورودس Rhodes، حاربوا في جيوش بساماتيك Psammétique الثاني وخلفائه . واستقر التجار الاغريق في الدلتا . وتأسست مدينة نوكراتس Naukratis وهي مدينة اغريقية سنة 585 . وفي ايام داريوسDarius الاول (اواخر القرن السادس) زار هيكاتي الميلي Hécatée de Milet مصر - وكتب عنها كتاباً سماه « بيري جاز »Périégèse لم يصلنا اطلاقاً الا ان هيرودوث Hérodote ابو التاريخ » استعمله . وعندما زار هذا الأخير مصر وتجول فيها ، في منتصف القرن الخامس ، استند الى الكتاب المذكور . وبعد ذلك بقليل سمح لهيبوقراط، Hippocrate « اب الطب » (المولود سنة 460) بالتردد على مكتبة معبد ايمحوتب Imhotep في منفيس Memphis، واستعمل كتب الطب المصري . وفيما بعد حذا اطباء اغريقيون حذوه ومنهم : ديوسكوريد Dioscoride في القرن الاول من عصرنا ، ثم غاليان Galien في القرن الثاني . وإذا استطاع هيرودوت Hérodote (2 , 4) ان يقول عن المصريين ، وبحق : « انهم كانوا الأولين بين كل البشر ، الذين اخترعوا السنة وقسموها الى اثني عشر قسماً ، واخترعوا دورة الفصول بمراقبة الكواكب »، فلا يقل عن ذلك صحة ان السنة المصرية ، بشهورها الاثني عشر ، والثلاثين يوماً في الشهر يضاف اليها خمسة ايام اضافية ، كانت قصيرة بما يعادل ربع اليوم عن السنة الشمسية . وكان المصريون يتدبرون امر هذه السنة « المبهمة » اي التائهة التي بعد اربع سنوات تتأخر يوماً عن السنة « الثابتة »، وفي الواقع ان سنة المصريين هي السنة الافضل التي عرفتها العصور القديمة . ولكنها لم تكن ترضي البطالسة الذين ادخلوا تعديلات ، سنة 47 ، على يد يوليوس قيصر ،Jules César على الروزنامة المصرية .

ويذكر هيرودوث (2 , 109) ان الاغريق اخذوا عن اهل بابل ، ساعة النومون gnomon (المعروفة تماماً من المصريين) والبولو le Polos، وهي آلة مختصة بالكلدانيين وتدل على ساعات النهار وعلى ازمنة السنة . وقد عمل الفلكيون الاغريق ، منذ القرن الرابع على تحسينها بحيث تدل ايضاً على

(1) A.Rey, La Science orientale avant les Grecs,. le éd, 1942, p 335.

(2) peuple de boutiquiers, ojoute Platon dans ce passage. (Rep. IV, 43 A).

الساعة الشمسية في الليل . وفيما خص الساعة الدقيقة المسماة « كليبسيدر clepsydre »، والتي تستخدم ، بفضل تسرب الماء ، لقياس الاوقات القصيرة جداً ، يبدو ان المصريين و كلدانيين قد اخترعوها ، كلٌ على حدة ، ما لم يكن الفينيقيون ، كوسطاء ، قد اخذوها عن الكلدانيين ثم ورّدوها الى مصر ، وربما نقل الفينيقيون ايضاً عن المصريين حسابهم مثلاً . وربما كان هناك تلاقٍ عارض .

وبوجه عام يبدو انه لم يكن هناكْ تبادل ثقافي مباشر بين الأشوريين والبابليين من جهة والمصريين من جهة اخرى : فقد كان الشعبان متساويين في العلوم الصحيحة ، وربما تفوق الأولون في الجبر وعلم الفلك ، اما المصريون فتفوقوا بالحساب والهندسة . ولكن في الطب تميز المصريون بشكل أكيد .

والعبرانيون سنداً للكتاب المقدس مدينون بعلم الفلك للكلدانيين، في حين انهم مدينون للمصريين ببعض معارفهم الطبية (مثل استعمال الصفراء لمعالجة بعض امراض العين) وبعض المعلومات الصحية مثل الختان (الذي جعلوا منه طقساً دينياً) .

وحول هذا الموضوع ليست شهادة هيرودوتْ بدون فائدة حيث كتب يقول : « يعترف الفينيقيون والسوريون بفلسطين بأنهم اخذوا هذا العلم عن المصريين » : وبكلمة « سوريين في فلسطين »، يجب ان نفهم ، بحسب رأي فلافيوس جوزف Flavius Josèphe ، الشعب اليهودي . لا شك انه ليس هناك اخذ من قبل الكتاب المقدس عن ذخائر الادب المصري الحكمي ، والحصيلة التي يمكن قولها هو ان العلم ، او التقنية المصرية لم تتسرب الى اعماق آسيا الداخلية . لقد ذهب افضل تراث مصر الفراعنة نحو الغرب بفضل اليونان .

I — الرياضيات وعلم الفلك

المسافر الذي يقف في ليلة مقمرة من ليالي الشرق امام هرم الجيزة الكبير ، او بعد مشوار طويل يدخل الى القاعة الكبرى ذات الاعمدة في الكرنك ، يشعر بأنه مأخوذ بشعور عجيب : ان عظمة مصر تتكشف له ؛ والشيء الذي عجزت زيارة الهياكل والقبور ، ضمن الضجيج والغبار النهاري عن خلقه ، يفرضه عليه صمت الليل وضوء القمر الباهت فجأة : فيشعر ، حقاً ، بانه امام حضارة من الحضارات الاكثر كمالاً .

هذا الكمال وهذا القدم الذي يدركه الفكر بصعوبة يأخذان بنا الى حد اننا نقتنع بان صانعي مثل هذه الحضارة لا يمكن ان يكونوا الا اقراناً لنا في كل الأشياء ؛ وامام التحكم الذي ابداه مهندسوهم في معالجة مشاكل البناء التي طرحت عليهم ، نضطر الى الاعتراف لهم بالتمتع بمعارف مفقودة اليوم بدلاً من الظن بأن هؤلاء الرجال ربما جهلوا ما يعرفه اطفال مدارسنا الابتدائية .

والاغريق ، حالهم كحالنا ، أُخِذُوا بالسراب المصري . لقد انحنى ارسطو Aristote ومثله ديموقريط Démocrite امام العلم المصري . وإذا كان هيرودوت Hérodote يقر باسبقية العلم البابلي ، فهو لا ينكر ان المصريين هم الذين علموا الأغريق قواعد الهندسة (الجيومتريا) . وكان لا بد من جهد ثلاثة اجيال من العلماء المتبحرين ليعرفونا بان الرياضيات والفلك لم يلعبا الا دوراً بسيطاً في نمو الحضارة المصرية .

مصادر تاريخ العلوم المصرية الحقة ـ : ان معرفتنا بالرياضيات المصرية مستمدة من مخطوطات

على البابيروس Papyrus او الجلد المكتشف في مصر . وان نحن قارنًا ، من الناحية الكمية المستندات المصرية بالمستندات العلمية البابلية ، بدت المصادر المصرية اقل بكثير . فهناك ورقتان مجزأتان من الامبراطورية الوسطى (1900 — 1800) قبل المسيح . (بابيروس كاهون Kahoun وبابيروس برلين Berlin) . وهناك نصان اطول واكثر حداثة بقليل ، ولكنها نُسخ بيِّنة من كتب قديمة (بابيروس رند Rhind وموسكو) وهناك مخطوطة على جلد قصير (بريتش ميزوم ليذر رول) ولوحتان من خشب في متحف القاهرة . تلك هي في الواقع المصادر المتاحة لنا . ولكن مهما كانت هذه الآثار فقيرة ونادرة فإنها ذات غنى لا يضاهى بالنسبة الى المصادر التي تتيح لنا دراسة علم الفلك المصري . ولم يصل الينا اي كتاب تعليمي يشبه تلك الكتب المخصصة للحساب او للطب . ان معارف المصريين حول الفلك يجب ان تستخرج اذن من مستندات مخصصة لغاية اخرى غير نقل المعارف مثل : المشاهد الدفينة والميتولوجية حيث تظهر السماء. وفي بعض الاحيان يتوجب علينا اللجوء الى تأويل الوقائع الحضارية مثل ، توجه الابنية ، ووضع الروزنامة ، وهي وقائع تفترض وجود معارف فلكية من جانب المصريين وهنا نواجه كل الشكوك التي يفترضها تأويل مثل هذه المصادر .

من المؤكد ان نمو العلوم ، مرتبط في مجمله ، بالمعرفة السابقة بالرياضيات التي بدونها لا يوجد اي علم . ولهذا سوف ندرس اولاً الحساب والهندسة المصريين .

1 — الحساب المصري

النظام العددي ـ منذ بدايات التاريخ المصري ، اي في الالف الثالث قبل عصرنا نجد نظام عدد عشري . وإذا كان هذا النظام يتضمن اشارة خاصة للمليون ، فانه بالمقابل لم يعرف الصفر ، رغم ان الكتاب في بعض الاحيان كانوا يشعرون بوجودها فيتركون فراغاً حيث نكتب نحن رقم الصفر . وتتضمن الكتابة المصرية اشارات خاصة للآحاد والعشرات والمئات والالوف وعشرات الالوف ومئات الالوف والملايين كما يظهر ذلك من الجدول التالي :

1	2	3	4	5	6	7	8
10	20	30	40	50	60	70
100	200	300	400	500	600	700
1000	2000	3000	4000	5000		
10000	20000	30000	40000	50000	60000	
100000	200000	300000	1000000			

صورة 4 — الترقيم الهيروغليفي المصري

وكما يبدو تتكرر الاشارة بعدد المرات التي يراد التعبير عن مقدار الوحدات منها ، سواء كانت آحاداً ام عشرات ام مئات الخ . وفي الكتابة تكتب الاعداد [الاكبر] الاعلى قبل الاخريات [من اليسار الى اليمين] فنجد مثلاً :

966. = 𓍢𓍢𓍢𓍢𓍢𓍢𓍢𓍢𓍢𓎆𓎆𓎆𓎆𓎆𓏺𓏺𓏺𓏺𓏺𓏺 و 152 023 = 𓂭𓂭𓂭𓂭𓂭𓆐𓆐𓎆𓎆𓏺𓏺𓏺

هـذا النظام مهـما بدا بسيـطاً لا يخلو من عقبات . اذ ان أي تعـداد كان يقتضي تكـراراً كبيراً للاشارات او الرموز .

هذا المأخذ الخطير في النظام العددي المصـري هو في اصـل اغلاط كثيـرة وقعت في حسابـات الكتاب فنحن لو اخذنا في الاعتبار ان الخط الهيري [الكهنوتي قبل الهيروغليفي] القديم ، او الخط المقدس يبسط كتابة الارقام ، نفهم ان مثل هذا الاسلوب قليل الطواعية بالنسبة الى الحسابات المعقدة وخاصة الحسابات التي يتطلبها علم الفلك .

ان نظام الترقيم المصري ، واستقراره منذ نشأة الحضارة في وادي النيل ، همـا النتيجة الحتميـة لضرورة اقتصادية خاصة بالوضع الاجتماعي في البلد . ان مصر الملكية الموحدة ذات المركزية القوية قد امتدت من الشمال الى الجنوب ، ضمن شريط دقيق على امتداد حوالي الف كيلومتر . وكل مقاطعة او ممتلكات زراعية تشكل احدى **خلايا** هذا الجسم الذي لا حدود له . ولكي يمكن حكم وادارة كامل البلد ، ومن اجل معرفة موارده والتصرف بها كان لا بد للحكومة المركزية كما للحكومة المحلية ، في بلد لم يمتلك على الاطلاق وحدة نقدية معيارية ، من محاسبة مادية ضخْمة . ومن هنا كان الحساب وكانت الهندسة المصرية ضروريتين . وهذا الواقـع ظل **سائداً** فيما خص كل العلم المصري . والكاتب الذي **اعتاد** على « الجداول » أو اللوائح الطويلة لذكر المعدات **والمؤن** والافراد الخ . كان يشعر بضيق كبير يحول بينه وبين الخروج من المحدود . وفكرة « الاشارة » أو العلامة الضرورية لكل علم متطور قليلاً بدت غريبة عليه .

علم القياس المصري :إن علم القياس المصري ، ككل علم القياس القديم ، لم يكن منهجياً . فكل معيار او مقياس للسعة وللطول وللوزن الخ له تعابيره الخاصة وتقسيماته الخاصة به .

كان مقياس السعة عندهم « الحُقَّة » [hieroglyphs] او « المد »، وكـان يساوي 4,5 ليـتر ، وينقسم الى عدة اجزاء. وبالنسبة الى السوائل كانوا يستعملون « الهن » [hieroglyphs] الذي يساوي مبدئياً عُشْرَ « الحقة » ولكنه سنداً للتمحيصات الاخيرة يساوي 0,501 ليتر تقريباً .

اما الاطوال القصيرة فقد كانت تقاس بالذراع او « المه ». ويبدو انه كان هناك بحسب الاقاليم والحقب ونوعية الأعمال عدة اذرع . والاكثر استعمالاً منها (او الذراع الصغير ، قياساً على الـذراع الملكي الذى كان يساوي 52 سنتيمتراً تقريباً) كان يساوي 45 سنتيمتراً . والذراع يقسم 6 بلحات « شسب » او الى 24 اصبع « جبه »،

واضعاف الذراع هي « الخت » او ، حـرفياً الخشبـة التي تساوي ١٠٠ ذراع ، ثم الا يتـرو او (حرفياً النهر) [hieroglyphs] ويساوي 20الف ذراع ملكي اي 10,5كيلومتر .وهذاهو «الشين» الاغـريقي . اماوحـدة قيـاس المسـاحـات فكـانت « السيتـات » أو « الآرور » الـذي يسـاوي « الخشبـة » المربعة اي حوالي 2735 م^2 . وكما يقسم مقياس السعة « الحقـة » كذلـك يقسم « الأرور » إلى اجزاء اصغرها يساوي $\frac{1}{100}$ ويسمى « الذراع » ويمثل قطعـة ارض طولهـا مئة ذراع وعـرضها ذراع واحـد . والمضـاعف الأكـثر استعمـالاً هـو « الخـا » أو « الألف » ويسـاوي عشـر « ارورات » aroure أي

27350 م^2 :

والوزن الاكثر استعمالاً هو « الديبن » ويعادل تقريباً 91 غراماً . ويقسم الى عشر « كيت » .

ويعبر عن المقاييس بذكر اسم المقياس مقروناً بعدد الوحدات وهـذه هي بعض الامثلة :

قمح مصر العليا ، 645 مداً

اربع اذرع واربع « راحة Paume » واصبعين .

22 « آرور » حقلي

فضة : 761 « ديبن » و 2« كيت »

ان غياب نظام المقاييس المصرية المنهجي بارز وجلي . فمرة تنتمي الاضعاف والاجزاء الى النظام العشري ، (فيما خص الاوزان) ومرة يعبر عنها بالكسر (مقاسات السعة والمساحة) ، ومرة تدخل الاضعاف في النظام العشري في حين ان الاجزاء تدخل في نظام سباعي (قياسات الطول) .

العمليات الاربع : يـرجع الحسـاب (اريتمتيك) المصـري ، مثل كـل الحسابـات الى عملية وحيدة : هي العد . ولهذا تلعب الذاكرة دوراً كبيراً في تعلم الحساب الابتدائي . ولكن في حين اننا نتعلم جداول الجمع والضرب حتى عشرة ، مما يمكّننا ان نجري بسرعة كل العمليات البسيطة ، أمـا المصريون فلم يتجاوزوا الاثنين ولم يكونوا يضربون او يقسمون مباشرةً الا باثنين . ولضرب عدد معيّن بضارب اعلى من اثنين كان المصري يقو بسلسلة من العمليات « ضرب باثين » . الامر الذي كان يمكنه من اجراء كل عمليات الضرب بدون تشغيل ذاكرته . فلكي يضرب مثلاً : 3 بـ 4، كان يضع :

« عَدُّ ثلاثي او عد بثلاثة ، أربـع مرّات .

3 ، (3) × 1

6 ، (3) × 2

12 ، (3) × 4

وهذا يساوي 12» .

وهنـاك مثل آخـر يتيح لنـا ان نفهم بصورة أفضـل هذه العمليـة . نفترض أنـه يجب ضـرب 13 بـ 7 . يتصرف الكاتب على الشكل التالي :

— 1	7
2	14
— 4	28
— 8	56
المجموع	91

يكتب في العامود الايمن العدد المضروب به ـ7 ـ وفي الأيسر — 1 —. ثم يُضعِّف أعداد العامودين إلى أن يحصل بالجمع على العدد حاصل عملية الضرب النهائي . وفي المثل الذي إخترناه حصلنا على حاصل ضرب - 13 - بجمع 1 + 4 + 8. وبعد الوصول إلى هذه المرحلة من العملية يضع الكاتب إشارة إلى جانب الاعداد المعتمدة ثم يجمع بعدها الاعداد المقابلة لها في العامود الأيمن وهي : 7 + 28 + 56 . وجمع هذه الأعداد يعطيه نتيجة عملية الضرب . وكما رأينا فإن الكاتب إكتفى فقط بعمليات جمع . وهنا تكمن الصفة « الجمعية » للحساب المصري .

إن الاسلوب الذي إخترعه المصريون ميسر من الناحية العملية بفعل أن نظام التعداد عشريٌ ، من أجل الضرب في 100,10 , 1000 الخ يكفي استبدال العلامات (الرموز) بعلامات نظام الوحدات العشرية في موقع أو موقعين أو ثلاثة مواقع ألخ ، فوق الارقام التي يجب ضربها . من ذلك إن 36 مضروبة بـ 10 تنتقل من ∩∩∩|||||| لتصبح ???∩∩∩∩∩∩ «فإذا ضرب العدد 36 بـ 1000 أصبح كما يلي ???????

وتتم القسمة بنفس الاسلوب المتبع في الضرب إنما باتجاه معاكس .

وعلى هذا تنقسم 168 على 8، يضع الكاتب عمليته كما فعل في الضرب أي على الشكل التالي :

— 1	8	
2	16	
— 4	32	
8	64	
— 16	128	
	21	المجموع

وبعد هذا يفتش في العامود الايمن ، (وليس في العامود الايسر كما هو الحال بالنسبة إلى الضرب) عن الاعداد التي إذا جُمعت تُعطيه المجموع 168 . في المثل الذي إخترناه أخذ الكاتب الاعداد 8 و32 و 128 ثم أشار بعلامة إلى الأعداد المقابلة في العامود الأيمن وهي 1 - 4 - 16 التي إذا جُمعت أعطت النتيجة المطلوبة - 21 - .

إن نظام الحساب عند المصريين بطيء للغاية ، وهو يبدو بالنسبة إلى عقولنا التي إعتادت العمليات الذهنية معقداً : إلا أنه لا يتطلب في الواقع أي جهد تذكري ، ونتعجب اليوم من بساطة عمليات الضرب ، الاكثر تعقيداً كيف يمكن تنفيذها بهذا الاسلوب .

وهذا يفسر كيف أنَّ مصر عجزت ، بعكس ميزوبوتاميا Mésopotamie عن تقديم « جداول ضرب ». فالكاتب لم يكن بحاجة إلى جدول ضرب ويكفيه فقط معرفة « جدول الاثنين » .

الكسور :

وعلى كلٍ ليست الطريقة التي يستعملها المصريون في قسمتهم بسيطةً دائماً كما تبدو في الامثلة التي قدمناها . فعندما يكون المقسوم غير قابل للقسمة الصحيحة على المقسوم عليه عندها يجب الاستعانة بالكسر . فلو أن الكاتب أراد أن يقسم 16 على 3 إذاً لاستطاع أن يضع عمليته كما يلي :

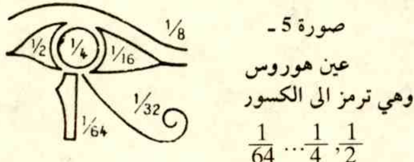
— 1	3
2	6
— 4	12

ولكنه سرعان ما يلاحظ إستحالة الوصول إلى العدد16 بفعل جمع الاعداد التي تؤخذ من العامود الأيمن . والمبلغ الاقرب هو 15 الذي يعطي : $1 + 4 = 5$.

والشيء الناقص هو $16 - 15 = 1$ إنما للتعبير عن هذه الكمية لا بد من الاستعانة بالكسر . ولكن باستثناء $\frac{2}{3}$ التي لها إشارة خاصة ، لم يكن المصري يتصور كسوراً غير الكسور ذات الوحدة في الصورة مثل $\frac{1}{2}$ - $\frac{1}{3}$ - $\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{5}$ إلخ . وفي الكتابة، يرمز إلى الكسر باشارة التي تعني حصة أو قطعة . والمخرج ، المعبر عنه وحده ـ كون الصورة دائماً هي - 1 -، ـ يُكتب تحت أو إلى جانب هذه الاشارة مثل :

$= \frac{1}{5}$; $= \frac{1}{40}$; $= \frac{1}{276}$

إنها الكسور التي نجدها مستعملة في النصوص الحسابية . وعلى كل ، في قياسات السعة ، فيما خصَّ الحبوب وفي القياسات الزراعية ، إحتفظ المصريون بوسيلة قديمة جداً من أجل كتابة الكسور الحاصلة من جراء القسمة على إثنين ، وهو الكسر الأساسي $\frac{1}{2}$. والرسم (5) يُعطي فكرة عن الأسلوب التصويري المستعمل . واشتقت رموز الكسور من خرافة قديمة مفادها أن عين الإلـه النسر اوروس Hourus قد إقتلعت وقسمها الإلـه سيث Seth .



صورة 5 ـ
عين هوروس
وهي ترمز الى الكسور
$\frac{1}{2}, \frac{1}{4} \dots \frac{1}{64}$

تسمى عين هوريس الكاملة أودجات Oudjat (أي العين السليمة) وتشتمل على العين البشرية إنسان العين والحدقة والرموش ، مع السمات الملونة التي تحيط بعين النسر . وإذا اخذ كل قسم من اقسام هذه العين السحرية دلَّ على :

$\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{16}$, $\frac{1}{32}$, $\frac{1}{64}$

ومجموع هذه الكسور يعطي $\frac{63}{64}$. ويفترض أن $\frac{1}{64}$ الكسر الناقص من اجل تمام الوحدة أعطاه بصورة سحرية توت ، Tot ، (الإلَه إيبس Ibis) ، عندما نجح في العثور على العين المجزَّأة وجمعها لكي يعيدها الى صاحبها . وهذا الاسلوب في كتابة الكسور مقصور على الحبوب فنجد ما يلي :

$1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{8} + \frac{1}{32} \; (= 1 + \frac{21}{32})$

« صاع أو مد من الشعير »

وبالنسبة إلى القياسات الزراعية أو المكاييل الزراعية كان المصريون يستعملون نظاماً آخر من الاشارات الدالة على الكسور :

a b c d.

من الآرور ($= \frac{7}{8}$) $\frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8}$ = d ز منه $c = \frac{1}{8}$ ز من الستات Setate $b = \frac{1}{4}$ زستات

$a = \frac{1}{2}$

وهكذا مهما كان نظام التسجيل المستعمل لم يكن المصريون يستعملون إلا الكسور التي صورتها واحد[1] ، والأقسام المتامة « الصحيحة القسمة على الوحدة » . وبالنسبة إلى تفكيرنا يبدو مثل هذا الأسلوب فقيراً . فالمصريون عندما وضعوا نظامهم الكسري ، اتخذوا الوحدة كأساس ، وقسموها إلى أقسام حسب الطلب . ويبدو لنا انهم بعملهم هذا ، قد عرفوا بوجود كسور أكثر عمومية . وإننا نعجب مثلاً ، أنهم حين قسموا الوحدة إلى سبعة أجزاء ، كيف رفض فكرهم أن يرى في الكسر $\frac{6}{7}$ تتمة الكسر $\frac{1}{7}$. وإننا نلمس هنا أحد المظاهر التي يمكن وصفها بالبدائية في العلم المصري . وأشار أحد المتخصصين الكبار في العلوم المصرية الحديثة إلى ما يلي : « بالنسبة الى الفكر المصري كان من غير المعقول ومن المتناقض كتابة العبارة التالية : (4 × 7 r) أو شيئاً من مثل هذا ، للتعبير عن الكسر $\frac{4}{7}$ ، (ففي نظرهم) في أية سلسلة من سلاسل السبعة «7» هناك قسم وقسم فقط يمكن أن يكون السُبع ، وهذا القسم هو الذي يحتل المركز السابع في صفٍ من سبعة أجزاء متساوية . ونتيجةً لذلك ، كان المصري مضطراً إلى تعبير عن $\frac{4}{7}$ بما يلي :

« $\frac{1}{2} \div \frac{1}{14}$ »(آ . هـ . غارديز) . وبقولٍ آخر إن المصريين لم يذهبوا بتحليلهم الرياضي بعيداً ولم يعتبروا ، كما نفعل نحن ، أن الكسور هي مضاعفات الأجزاء الصحيحة القسمة $\frac{2}{7}, \frac{3}{7}$ الخ ككيانات متميزة من شأنها ان تُعالج بدورها كأعداد قائمة بذاتها . ويجب ان نذكر أنهم في بعض الحالات كانوا يستعملون الكسور المتممة البسيطة مثل $\frac{2}{3}$ (المتكررة نوعاً ما) ، وبصورة نادرة $\frac{3}{4}$ ، $\frac{4}{5}$ ، و $\frac{5}{6}$

العمليات الجارية على الكسور : ـ كل عملية تتناول الكسور تنتهي ، في النظام المصري إلى تعدد في الكسور . والمصريون وقد رفضوا سلفاً الاحتفاظ بكسر مثل $\frac{2}{5}$ اضطروا لأن يكتبوه : $\frac{1}{3} + \frac{1}{15}$. ثم إن الحسابات حول الكسور كانت تحتل القسم الأكبر من المستندات المتوفرة لدينا من أجل دراسة الحساب المصري .

ومبدأ هذه العمليات هو نفس المبدأ المستخدم في الاعداد الكاملة : « التضعيف المنهجي » . وعندما كانت صورة الكسر الذي يجب تثنيته ، عدداً مزدوجاً ، لم يكن هناك صعوبة ، إذ يكفي قسمته على إثنين . مثلاً بالنسبة إلى العملية ($7 \times \frac{1}{8}$) ، كان الكاتب المصري يضع الترتيب التالي :

$\frac{1}{8}$	— 1
$\frac{1}{4}$	— 2
$\frac{1}{2}$	— 4

ومجموع أعداد العامود الأيسر يساوي « 7 » وهو العدد المضروب فيه في المعطى ، ويحول النتيجة على الشكل التالي : $7 \times \frac{1}{8} = \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8}$.

ولكن إذا كان الحاسب يعمل على « صور » مفردة يصبح النظام المتبع غير فعال ومن الواجب عندها إختراع وسيلة للتغلب على الصعوبة . وعندها إن أي كسر من نمط $\frac{2}{n}$ وفيه يكون n عدداً

مفرداً ، يمكن أن يفكك إلى مجموع من إثنين أو عدة كسورات صورتها واحد . من ذلك مثلاً $\frac{2}{5}$ يمكن أن تكتب ، كما رأينا $\frac{1}{3} + \frac{1}{15}$. وكان المصريون يعرفون هذه الواقعة تماماً . ولما كان تفكيك الكسورات يتطلب حسابات طويلة ودقيقة فقد وضعوا جدولاً تفكيكياً نموذجياً يبدأ بـ $\frac{2}{5}$ وينتهي بـ $\frac{2}{101}$. وهذا الجدول الذي كان يلعب دوراً ضخماً في التعليم يشكل القسم الأهم في بابيروس رند Papyrus Rhind :

وهذا هو مثل عن كيفيته : * «2» تُقسم على «41»: $1\frac{2}{3}$ (+) $\frac{1}{24}$ (يساوي) $\frac{1}{24}$*، و $\frac{1}{6}$، على $\frac{1}{246}$* و $\frac{1}{8}$ على $\frac{1}{328}$*

طريقة الحل :

1	41	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{6} + 6\frac{2}{3}$
$\frac{2}{3}$	$27\frac{1}{3}$	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{12} + 3\frac{1}{3}$ المجموع
$\frac{1}{3}$	$13\frac{2}{3}$	$\frac{1}{24}$	$\frac{1}{24} + 1\frac{2}{3}$
			الباقي $\frac{1}{6} + \frac{1}{8}$

1	41	
/2	82	
/4	164	
/6	246	$\frac{1}{6}$
/8	328	$\frac{1}{8}$

ملاحظة ـ : أشار الكاتب إلى جواب المسألة بعلامة حمراء ، مباشرة بعد ذكر المعطيات وفي السطر الأول . وهي الكسور التي يجب الأخذ بها (أي المشار إليها بنجمة) . وهذا الجواب إذا وضع بالكيفية التي إعتدناها نحن يكون :

$$\frac{2}{41} = \frac{1}{24} + \frac{1}{246} + \frac{1}{328}$$

ونلاحظ تعقيدات الحسابات . إن التقنية المستعملة من قبل الكاتب للوصول إلى النتيجة صعبة ، والرياضيون أَنفسهم غير متفقين على الاسلوب المتبع . فضلاً عن ذلك من الممكن ألا يوجد في الاصل أية طريقة محددة ، وان الكتّاب توصلوا إلى النتيجة بالتلمُّس . وهذا لا ينفي أن تكون البساطة والثقة التي كان يتعامل بها المصريون مع كسورهم مدهشتين فقد أخذ الرومان واليونان عنهم تقنيتهم هذه واستمروا في إستخدامها .

القسمة النسبية : من المؤكد أن المصريين إكتسبوا قدرة كبيرة في التعامل بالكسور وقد جرهم إلى ذلك النظام الاقتصادي والاجتماعي في المملكة الفرعونية . ولم تعرف مصر النقود إلا بصورة متأخرة ، خلال فترة السيطرة الفارسية . وقد كان تعاملهم المعتاد والضروري يتم بالمقايضة . فضلاً عن ذلك كانت الملكية الخاصة ، على ما يبدو محدودة جداً . وكانت الارض في أغلب الاحيان ملكاً إما للملك وإما للمعابد . في مثل هذا النظام الاجتماعي ، ـ حيث كان الفرد على عاتق رب العمل : الفرعون أو الكهنة ، ـ يقتضي ، بسبب عدم وجود عملة معيارية ، وجود محاسبة مادية واسعة ، وذلك لمراقبة الانتاج من جهة : تسليم البذار والمعدات والمواد الاولية الخ . . . ومن جهة اخرى ، من أجل توزيع الحاجات الاستهلاكية : الغذاء والثياب ، الخ . . . بين مختلف أعضاء المجموعات الزراعية أو الحرفية التي كانت ، اكثر من الخلية العائلية عندنا ، تشكل أساس المجتمع المصري .

وكان على الكاتب أن يوزع الموارد المتراكمة في مخازن الدولة او المعابد ، ومن هنا أهمية مشاكل القسمة النسبية في الحساب المصري . وربما يفسر هذا الواقع لماذا ظل الكتّاب أُمناء لنظام الكسور ذي الصورة « واحد »، الذي يسهل التقسيم المادي للاشياء وللاغلال .

ولقسمة (سبعة) «7» أرغفة على (عشرة) «10» رجال . يتوجب عليك أن تضرب ($\frac{2}{3} + \frac{1}{30}$) بـ 10 والنتيجة (سبعة) 7 .

1	$\frac{2}{3}$ +	$\frac{1}{30}$
2 —	$1\frac{1}{3}$ +	$\frac{1}{15}$
4	$2\frac{2}{3}$ +	$\frac{1}{10} + \frac{1}{30}$
8 --	$5\frac{1}{2}$ +	$\frac{1}{10}$

المجموع (7) سبعة أرغفة . هذا هو الجواب بالتأكيد » (پاپيروس رند Papyrus Rhind مسألة رقم 4)

إن أهمية القسمة النسبية واضحة للغاية ، وحتى في الپاپيروس رند Papyrus Rhind وهي الورقة « النظرية » أكثر من غيرها ، ظاهرياً ، من الاوراق الرياضية التي وصلت إلينا . وعلى هذا ، وسنداً لجدول تفكيك الكسور نجد فيه مسائل حسابية حول تقسيم الخبز على عدد محدد من الاشخاص (راجع اعلاه) .

ومن المهم ان نشير إلى أن كاتب هذه النشرة ، حتى ولو بدا لنا تحليله غامضاً لم يكتف بإيراد النتيجة ، بل حاول أن يشرح كيف توصّل إليها . من هذه الزاوية تكون الجملة الاخيرة « هذا هو الحل بالضبط » تعادل عندنا (C.Q.F.D) وتدل على روح علمية لا تكتفي بالتأكيد فقط .

وسائل أخرى حسابية (ارتميتيكية) - : من أجل حل كل المسائل في الحياة اليومية اضطر المصريون إلى إجراء عدة عمليات حسابية مثل رفع العدد إلى جذره التربيعي ثم إستخراج الجذر التربيعي . وكانوا يسمون الجذر التربيعي « زاوية أو كوان Coin » وهذه الكلمة مشتقة من صورة مربع مقسوم بخط مائل ويدل كم كان المصريون ملتزمين بالواقعية في مجالات لجأت فيها بقية الشعوب إلى التجريد .

في پاپيروس برلين نجد أن الكاتب إستخرج الجذر التربيعي للاعداد $6\frac{1}{4}$ و $1\frac{1}{2}+\frac{1}{16}$ ولكننا لا نعرف هل إن هذه المستخرجات قد نتجت عن إسلوب معين أم أن الكاتب هنا أيضا قد توصل إلى نتيجة بمجرد التلمُّس .

وتلعب النسب ، كما رأينا دوراً أساسياً في الحساب المصري . ونعرف أن التَّراتُبيَّة بارزة في المجتمع المصري . والفرق في المرتبة داخل السلم الاجتماعي مقرونٌ بالحق في حصةٍ أكبر في كل

القسمات ، ولهذا وجد الكاتب نفسه في أغلب الاحيان يواجه مسائل من النمط التالي : « مئة رغيف لخمسة أشخاص ، $\frac{1}{7}$من حصة الثلاثة الأولين إلى الأخيرين من الرجال . فكم يكون الفرق في الحصة ؟ » (بابيروس رند المسألة «40») .

وتعود المشكلة ، إلى إسلوب الكاتب في حلها أي في حل قسمة مئة رغيف بين الاشخاص الخمسة بحيث تكون الحصص متصاعدة تصاعداً حسابياً ، وبحيث يكون مجموع الحصتين الاصغر يعادل ($\frac{1}{7}$) مجموع الحصص الكبرى . . والاسلوب المستعمل غير واضح ، وربما كان سبب ذلك أن الحسابات المشار اليها هي محاولات متتالية . وعلى كل إن الحل صحيح : والحصص يجب ان تكون $38\frac{1}{3}$, $29\frac{1}{6}$, 20, $10\frac{5}{6}$, $1\frac{2}{3}$ وهذه الأعداد تتوفر فيها شروط المشكلة. لقد كان لدى الرياضيين المصريين فكرة غامضة وخجولة ، بدون شك ولكنها واقعية ، عن المتوالية الحسابية . وهناك مسألة أخرى تدل على معرفتهم بالمتوالية الهندسية .

ونصها معروض بشكل غامض تقريباً :

جرد مقاطعة :

		العمليات	
	7 منازل		
	49 هرة	-	
	343 فأرة	1	2801
	2301 (هكذا) حبة شعير	2	5602
	16807 مُدّ	4	11204
المجموع	19607	المجموع	19607

(بابيروس رند المسألة 79) .

ويتوجب تقريباً فهم ما يلي :

هناك مقاطعة مملوكة مؤلفة من سبعة بيوت . وكل بيت فيه سبع قطط ، وكل قط قتل 7 فئران ، وكل فأرة تأكل سبع حبات شعير . وكل حبة كان يمكن ان تنتج 7 امداد . فكم يجمع هذا كله ؟

ان المجموع هو كل ما ذكر ولا يعني في نظرنا شيئاً . ويجب ان نلاحظ ان هذا المجموع لم يحصل بفعل جمع اعداد التعداد ، بل بفعل ضرب 2801 ب 7. مما يثبت الواقعة ـ الثابتة بفعل المتوالية وحدها : 7 , 49 , 343 .. — ان المصريين عرفوا مبدأ المتوالية الهندسية .

هل عرف المصريون الحساب الجبري ؟ ـ ـ هناك سلسلة من المسائل الغرض منها الانتفاع ، كتلك التي رأيناها حتى الآن ، تطرح مسألة المعرفة بالنسبة إلى المصريين ، معرفة تقنية الحساب الجبري . وهذا مثل على ذلك :

« هناك كمية اذا اضيف اليها قسمها الرابع تصبح 15، ما هي هذه الكمية ؟ الجواب الكمية 12 وربعها يساوي 3 المجموع 15 .

طريقة الحل :

عُدَّ بالاربعة .

احسب الربع من اصل الاربعة اي واحد. المجموع 5.

عد للوصول الى 15 :

5	—1
10	—2

النتيجة3 .

اضرب 3 في 4 :

3	1
6	2
12	—4

النتيجة 12.

12	1
3	1/4
15 المجموع	

(بابيروس رند مسألة
(Papyrus Rhind 26

إن المسألة المطروحة تتوافق مع المعادلة : $(x + \frac{1}{4} x = 15)$. ولكي يحل هذه المسألة استعمل الكاتب طريقة عملية . فاختار عدداً للانطلاق هو 4 ، وذلك بسبب جوهري هو ان ربع الأربعة يساوي واحد . وأضاف هذا العدد الأساسي الى الربع الحاصل فحصل على 5 . فقسم الـ 15 ، وهو القيمة المعطاة بخمسة فحصل على ثلاثة وضرب هذا العدد في اربعة . وهو العدد الانطلاقي فعثر على الحل .

والمسائل من هذا النمط تعرف باسم مسائل (آها aha) من كلمة مصرية تعني حرفياً « الكومة » والتي تظهر دائماً في المعطى وتتوافق ظاهرياً مع « الرقم والكمية والعدد » في معناها المجرد ، كما نستعملها نحن في مسائلنا . وهذه الواقعة ـ في عرض نظري ـ واقعة بقاء المصري اميناً للغة المحددة ـ تدل على نمط من التفكير معين .

ودراسة مسائل « آها » طرحت مسألة معرفة ما إذا كان المصريون قد عرفوا الجبر .

وهذه المسائل تدخل في معادلاتنا من الدرجة الاولى وبعضها يدخل في معادلات الدرجة الثانية . ويجدر السؤال : ألم يستعمل المصريون حساب الجبر (وكان هذا الحساب معروفاً من البابليين في نفس الحقبة . ونحن نعلم ان المصريين والبابليين كانوا على اتصال فيما بينهم) .

ولم يتردد بعض المؤلفين (امثال كانتور Cantor ، ونجيبور على الاقل في مؤلفاته الاولى) لم يترددوا في الايمان بذلك . وعلى كل يجب الاعتراف بان هذا الامر يبقى مشكوكاً فيه . ان مسألة بابيروس راند Papyrus المذكورة اعلاه تحل بواسطة الحساب البسيط . وحل المسائل الاخرى مثل المسألة 6 في بابيروس موسكو ترتكز على طريقة ـ تصويرية .

والحالة الوحيدة التي ربما استعمل فيها الجبر من قبل الحاسب المصري هي مسألة التقسيم التي تقتضي وجود معادلة من الدرجة الثانية . وهذه المسألة تطرح على هذا الشكل :

(كيف يمكن قسمة 100 إلى قسمين بحيث يكون الجذر التربيعي في واحد منهما يساوي $\frac{3}{4}$ الجذر التربيعي للآخر . في الجبر نكتب : $x^2 + y^2 = 100$ وفيها $y = \frac{3}{4} x$ أي : $(x^2 + \frac{9}{16} x^2 = 100)$. اما

في الحل الذي يقدمه الكاتب المصري ، فهو لا يستعمل الرموز مثل x و y . إنه ينطلق من عدد واحد وبالتالي من $\frac{3}{4}$ من العدد الآخر . ثم يربع هذين العددين ويجمع النتائج فيحصل على : $(1\frac{9}{16} =) \frac{1}{6}+$ $1\frac{1}{2}$ ؛ ثم يستخرج الجذر التربيعي للمجموع أي $1\frac{1}{4}$. ثم يأخذ باستخراج الجذر التربيعي لـ 100 أي 10 ، وهو العدد المثل $8 \times 1\frac{1}{4}$. وعندها يفترض ان عدد الاساس الجزافي يجب ان يضرب بـ 8 للحصول على الحل : 8×1 ، ثم $8 \times \frac{3}{4}$ أو 8 و 6 وهذا صحيح .

لقد عمل الكاتب المصري مثل عالم الجبر المعاصر . ولكنه اخذ كاساس العدد « واحد » بدلاً من x. واستناداً الى هذه الملاحظة لم يتردد بعض الإختصاصيين الذين لا يظن بهم أنهم يبالغون في تقدير الفكر العلمي المصري من امثال « و . نوجيبور Neugebauer» - في ان يروا في هذا الحل الدليل على ان المصريين قد استعملوا المعادلات من الدرجة الثانية . وعلى كُل يلاحظ ان ناشر « بابيروس رند » Papyrus Rhuind ، اريك بيت ، Eric Peet ، اشار الى ان الكاتب المصري قد استعمل هذه الطريقة اذ ليس من حل آخر غيرها . ويرى ان الاسلوب المصري ليس جبرياً لانه لم يستعمل الرموز المجردة ، وان الاسلوب المستعمل هو اسلوب التلمس . والكاتب المصري لم ينقل الى البشرية اللاحقة الا المحاولة التي نجحت فقط .

المظهر المحدد لعلم الحساب المصري : كل المسائل التي عرضناها في هذه العُجالة لها ميزة مشتركة : انها مسائل مادية من نمط المسائل التي تعترض كثيراً الكاتب الذي يحمل مسؤولية ادارة ملكية خاصة كبيرة .

وفي الواقع لم تكن المخطوطات المصرية التي تعالج الرياضيات الاّ مجموعات من المسائل من هذا النوع. فالى جانب تلك التي عرضناها : قسمة الخبز بالتساوي رغم اختلاف وتفاوت القيم ، حساب التصاعد الحسابي والتصاعد الهندسي ، واستخراج الجذور التربيعية وتطبيقها على المساحات الزراعية ، نجد الكثير من ذات النوع :

« نموذج لحساب قيمة كيس يحتوي على معادن ثمينة متنوعة . يقال لك : يحتوي كيس على ذهب وفضة ورصاص . وقد أَشتري هذا الكيس بـ84 سبيكة : ما هي قيمة كل معدن ؟ » .

من اجل الحل يضع الكاتب فرضية ان وحدة الذهب تساوي 12 سبيكة ، ووحدة الفضة 6 ووحدة الرصاص 3 ويفترض ضمناً ان الكيس يحتوي على وزن متساوٍ لكل من المعادن او ايضاً :

« طريقة لحساب توزيع 100 رغيف على عشرة رجال ، بحار ومساعد عمار ، ومراقب يأخذون ضعفي السبعة الآخرين » . .

« طريقة حساب منتوج راع . انظر : هذا الراعي جاء لتعداد قطيع من 70 ثوراً . قال محاسب القطيع للراعي : « كم تجلب القليل من الثيران . اين هي الحيوانات الكثيرة التي تمتلكها ؟ « فاجابه الراعي : ما جئتك به يساوي $\frac{2}{3}$ من ثلث القطيع الذي كفلتني إياه . احسب . تجد انك لم تخسر شيئاً » .

مفهوم « النوعية » في الحسابات المصرية : « **البيزو** le pesou » : . - كما نرى، وحدها الناحية العملية هي التي تهم المصريين . وهذا يفسر تركيز الكُتّاب ، في حسابات القسمة على الحساب

العددي ، ليس فقط على عدد الفرقاء المستفيدين ، بل ايضاً على نوعية البضاعة الموزعة . انهم يدخلون في حسابهم مفهوم القيمة الغذائية للطعام مقسمة بالأرقام .وهذه القوة أو القيمة تسمى « البيزو »

يحسب «البيزو» (أو الشيء المطبوخ أو «القيمة المطبخية») بعدد الوحدات التي يمكن الحصول عليها من صاع [وحدة قياس] من الحبوب وهكذا إذا كان بيزو الخبز يساوي 12، فإن هذا الخبز يحتوي $\frac{1}{12}$ من الصاع . كذلك حال « بيزو » ابريق من البيرة ، (وهي العنصر الاساسي في الغذاء المصري) فهو يمثل عدد الاباريق المماثلة التي يمكن استخراجها من صاع من الحبوب ، وكلما كان العدد متدنياً تكون البيرة اقوى ، وكان الخبز اكبر او اكثف .

هذا العنصر من الحساب اساسي في مجتمع يتم فيه دفع الاجر بالعين . وايضاً ان المسائل التي يدخل فيها هذا الحساب عديدة جداً : « وهذا مثل : ثلاثة صاعات ونصف من الطحين تحول الى ثمانين رغيفاً . قل ما هي كمية الطحين في كل رغيف وما هي قوتها « بيزو »؟ .

او ايضاً ، مع تعقيد اكثر : « هناك كمية من البيرة وزع ربعها . واستكملت بالماء . ذيقت لمعرفة قوتها « بيزو » ما هي هذه القوة .

والتحكم في مثل هذه المسائل كان ضرورياً بالنسبة الى الكتاب (المحاسبين) في الملكيات او الإقطاعات الذين كان عليهم توزيع المخصصات والاعاشات او مبادلتها ، من اجل الحصول على توزيع افضل للأغذية . من هنا بعض المسائل المشابهة : « إذا قيل لك : هذه مئة رغيف قوتها « بيزو » عشرة . يجب مبادلتها بأرغفة قوتها « بيزو » 15 ماذا تعطي بدلاً عنها ؟ (الجواب ان مئة رغيف من قوة 10 تساوي 150 رغيفاً من قوة 15) .

نشير الى ان القيمة الغذائية في هذه المسائل تتنوع بنسب كبيرة تتراوح بين 12,10, 15, 20و 30 . ويضطر الكاتب اخيراً ان يبادل سوائل بجوامد او العكس .

وتكفي قراءة المسائل المعالجة من قبل الكتاب المصريين لفهم الخيبة التي يحسها الرياضي المعاصر إذا واجه مثل هذا العلم . خيبة امل عميقة كالخيبة التي يتضمنها عنوان بابيروس رند : Papyrus Rhind : قواعد من اجل درس الطبيعة ولفهم كل ما هو موجود وكل خفية وكل سر » .

2 ـ الهندسة المصرية

كان حساب المصريين بدائياً . فهل كانوا افضل في علم الجيومتريا ؟ يقول هيرودوت Hérodote ومن بعده سترابون Strabon وديودورDiodore انه بطبيعة البلد الذي يعيش فيه المصريون كان عليهم ان يعالجوا مسائل هندسية . وسنداً لهذه الملاحظات قال الاغريق ان المصريين هم الذين اخترعوا الجيومتريا وانهم هم الذين علموا المهندسين الاغريق . ويبدو هذا الاستنتاج لأول وهلة صحيحاً . اذ منذ الامبراطورية الوسطى ، وما قبلها بكل تأكيد ، كان المصريون يحسبون بدقة مساحة المثلث ، في حين لم يكن الاغارقة قد احتلوا بعد هلاد Hellade . ويبدو كذلك ان المصريين حسبوا مساحة المستطيل والدائرة الى حد ما .

ورغم هذه النتائج كانت الهندسة المصرية مثل الحساب علماً تطبيقياً . انه لا يحلل بل يبحث بالتلمس (وهذا محسوس جداً فيما خص مساحة الدائرة) عن الحل الاكثر ملاءمة للمسألة الحل المحدد

غير التجريدي . وبهذا المعنى ، كان الاغريق على حق عندما افترضوا ان الحاجة الى تخمين مساحة الحقول بدقة من اجل وضع مطرح الضريبة بصورة سليمة : « هي التي فتحت المجال لاختراع الهندسة التي نقلها الاغريقيون الى بلدهم » (هيرودوت Hérodote تواريخ ، 2, 109).

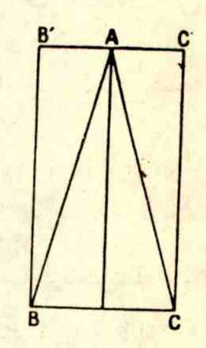
مساحة المثلث : هذا الأساس المادي الخالص للهندسة المصرية بارز بالطريقة التي طرح بها الكتّاب في الامبراطورية الوسطى مسائلهم . وهكذا يمكن القراءة :

عن حساب حقل مثلث : إذا قيل لك ان مثلثاً ارتفاعه عشرة أطوال ميريت ، meryt واربعةُ اطوالٍ قاعدتُه . ما هي مساحته ؟ ان الحساب يجري كما يلي : تأخذ نصف الاربعة اي 2 حتى تحصل على مستطيله (او تحوله الى مستطيل) ثم تضرب 10 بـ2 وهذه هي المساحة .

العمليات :

1	400	1	1 000
1/2	200	2	2 000

الجواب : مساحته 2000 ذراع (أي 2 كها) = 20 آرور (Aroure) (بابيروس رند Papyrus Rhind) مسألة 51) .



صورة 6 ـ اعادة بناء اسلوب مصري لحساب مساحة الثلث .

ان الطريقة الموجزة التي عولجت بها هذه المسألة قد اثارت العديد من المناقشات من قبل الاختصاصيين . البعض رأى ان كلمة « ميريت » Meryt تعني ضليعاً أو جهةً، وبالتالي ان اساس الحساب مغلوط . وهناك كتاب آخرون يظنون ان الحل الذي قدمه الكاتب صحيح وبالتالي ان المصريين كانوا يعرفون حساب مساحة المثلث . هذه النظرة تبدو لنا الأكثر احتمالاً وبالفعل ان الجملة التي تبدو ظنية ، تجزيرية « تأخذ نصف الأربعة حتى يصبح معك مثلثه » . هذه الجملة قلما تفسر إلّا اذا كان الحاسب المصري قد استعمل اسلوب الرسم لكي يحل مسألته : نفترض مثلثاً ما ، يبدو ان الكاتب بنى على القاعدة التي اعطينها مستطيلاً ضلعاه الآخران متساويان مع ارتفاع المثلث . ان نصف مساحة هذا المستطيل تعطيه الحل المطلوب [اي مساحة المثلث] .

ويجب ان نلاحظ ان الكتاب عرفوا كيف يحسبون مساحة متوازي الاضلاع (بابيروس رند papyrus Rhind مسألة 52) مما يقتضي برأينا انهم استطاعوا حساب مساحة المثلثات .

مساحة الدائرة ـ والنجاح الذي حققه المصريون في مجال الهندسة هو من غير شك في حساب مساحة الدائرة . ونحن نظن انه من المفيد ان نذكر هنا المسألة كما طرحت :

« طريقة من اجل حساب قطعة ارض دائرية قطرها 9 أطوال ، ما هي مساحة هذه الأرض ؟ .

يجب ان تطرح [من القطر تُسْعَهُ اي واحد] يبقى ثمانية . وبعدها يجب ان تضرب 8 مرات ببعضها هذا يعطيك 64.

ان المساحة هي (6) كها و (4) سيتات . (وبالكتابة بشكل عامودي هذا ما يحصل :

1	9

$\frac{1}{9}$ ـ من هذه اي : 1

يطرح ـ منها ـ يبقى 8

1	8
2	16
4	32
8	64

ان مساحة الأرض هي 6 كها (اكتب 60)، و 4 سيتات (بابيروس رند مسألة 50) . وكما نرى ترد مسألة الحساب الى طرح $\frac{1}{9}$ من اصل القطر ثم اخذ نتيجة المربع . وهذا يعطي قيمة (π) 3,1605. ان الرسمة التي ترافق المسألة تدل مرةً اخرى ان المصريين وصلوا الى النتيجة باسلوب الرسم البياني . ترسم الدائرة داخل مربع ، ويبدو ان الكاتب حسب بالتقريب بواسطة 4 مثلثات حددها رسم الدائرة . ونلاحظ دقة هذه القيمة قيمة (π)، التي حصل عليها بالتلمس والتقريب . وهذا التقريب هو اقرب من قيمة (3) التي حسبتها غالبية الشعوب الاخرى القديمة . وتعطينا الرزنامة مثلاً آخر عن النجاح الباهر الذي قدمه العلم المصري مهما كان موجزاً ومهما كان غير مكتمل .

قياسات الاحجام : انطلاقاً من الهندسة البسيطة التي تفحصناها انتقل المصريون الى حساب الاحجام مع تركيزهم على الاحجام الاكثر منفعة لهم : الهرم ، جذع الهرم ، الاسطوانة ، وبهذا الشأن ، وفي الامبراطورية الوسطى ، وفي الحقبة التي حررت فيها النصوص التي وصلت الينا ، لم يكن القبر الملكي ناووساً (Hypogée) بل هرماً . وبناء الضريح ، يُبدأ به منذ صعود الملك الى العرش ويستمر طيلة حكمه . وهو يقتضي العديد من العمال وكميات كبيرة من المعدات . وعلى الكاتب ان يحسب ابعاد الهرم وحجم الآجُرِّ المطلوبة دون ذكر الاعمال الملحقة : طرق الوصول ، وسائل النقل اللازمة إلخ وليس لدينا نص يدل كيف يحسب الكاتب حجم الهرم . ولكنهم توصلوا الى ذلك . وهذا ثابت بمسألة حيث تُحسَب زاوية الانحدار في هرم نعرف قاعدته وارتفاعه . ومن جهة اخرى ومن خلال كتاب انتقادي يستدل على ان الكتّاب عرفوا ، او وجب ان يعرفوا ، حساب عدد القرميدات اللازمة لبناء سطح منحنٍ ذي ابعاد معينة . واخيراً ان احدى مسائل بابيروس موسكو (رقم14) تعالج حجم جذع الهرم وتؤدي الى نتيجة صحيحة .

المسألة المطروحة هي تحديد حجم جذع هرم ذي قاعدة مربعة يعرف ارتفاعه وطول اضلاع قاعدتيه ، وان نحن سمينا (h) الارتفاع و(a) ضلع القاعدة السفلى وb ضلع القاعدة العليا ، فإن الحسابات التي يقوم بها الكاتب يعبر عنها بما يلي : يؤخذ مربع (a) ثم يضرب بـ (b) ثم يؤخذ مربع b ايضاً وتجمع النتائج الثلاث . ويأخذ بعدها الكاتب ثلث h ويضرب النتيجة ، نتيجة العمليات الأولى ، بالعدد الحاصل هكذا . وهذا الحاصل يعطيه الحجم المطلوب . وان نحن عبرنا بمعادلة عامة عن هذه السلسلة من العمليات التي تبدو غير متماسكة نحصل على المعادلة الصحيحة لحجم الهرم :

$$V = (\frac{h}{3}) \times (a^2 + a b + b^2)$$ [الحجم] .

لم يعطِ الكاتب اي تبرير للحل المقترح . واكتفى باثبات العمليات الواجبة دون الرجوع الى

تحليل تجريدي : والواقع ان هذه المسألة الهندسية ، كغيرها من نوعها ، عولجت كمسألة حسابية خالصة . وهذه المرة ايضاً اهتم الكاتب بمسألة مهمة في نظر المصريين لأن الاعمدة وقسماً كبيراً من الحجارة المخصصة لبناء الهياكل : معابد ، قواعد التماثيل وزينات الاعمدة الضخمة الخ . . . ليست في الواقع الا جذوع هرم يتوجب معرفة حجمه من اجل استخراجه ونقله واستعماله .

هذه المنفعية من المسائل، حول الاحجام ، التي وصلت الينا لا تقل ضرورة بالنسبة الى الاسطوانة (والمعادلة المعتمدة هي مساحة الدائرة مضروبة بالارتفاع) . وكان على الكتّاب ان يقدروا سعة الاوعية المختلفة وهي في معظمها اسطوانية الشكل ، والتي كانت تستعمل في عنابرهم .

والنقطة المشتركة في كل هذه المسائل التي عالجها المصريون سواء هندسياً ام حسابياً هو الشكل الموجز والمكثف للحلول . إنه سلسلة من الأرقام والعمليات ، هذا كل ما يقدمه كتاب الوسيطات لقرائهم . ويمكن التساؤ ل : كيف كان الطالب المصري يستعمل هذه النصوص . من المحتمل انها لم تكن تشكل كل مصادر معرفته . فهذه المعلومات يجب ان تكمل ، في المدارس الشرقية ، كما هو الحال اليوم ، بشروحات شفوية يقدمها استاذ يقرأ في كتابه في الصف . ولكن هذه الشروحات ، هل كان يمكن ان تشكل عرضاً لمباديء هندسية لم تكن المسائل الا تطبيقات عملية لها ؟ الشك هنا وارد . ان الاعداد والكميات الواردة في معطيات المسائل هي التي تؤدي الى الحلول الابسط والاسرع ولهذا اقترح البعض ان نرى في هذا التبسيط للمسائل وسيلة تعليمٍ اولية للرياضيات . والتلميذ يتعلم بدون شك عن ظهر قلب المعطيات والحلول .

ولكنه في مواجهة مسائل مماثلة كان يكفيه ان يغير ارقام المسألة النموذجية لكي يصل الى حل المسألة الحقيقية . ومن الواجب الافتراض ان المسائل الواردة في الكتب الرياضية المصرية ليست مسائل تتضمن قواعد بل صيغاً يجب تطبيقها في حل المسائل » .

3 ـ علم الفلك عند المصريين

كما رأينا ، ورغم قلة المصادر ، من الممكن اخذ فكرة واضحة نوعاً ما عن المعارف الرياضية عند المصريين . فهذا الحساب وهذه الهندسة بقيا عند مستوى ضعيف نوعاً ما . ولكن بالنسبة الى علم الفلك تبدو اساليب الحساب ذات اهمية أولية . فبفعل صفته الجمعية ، اي ميله الى تحويل كل العمليات الى سلسلة عمليات جمعية لا يمكن للحساب المصري ان يقدم الى علم الفلك الاداة الرياضية المماثلة والتي يحتاجها في حساباته . ولهذا يجب ان لا نتعجب من بقاء هذا العلم الاخير عند حدٍ ادنى ، وراء علم الهندسة . وعندما كانت تعقيدات الظاهرات تتجاوز امكانات الرياضيات عند المصريين ، كانوا يلجأون ، كما هو الحال بالنسبة الى حساباتهم الهندسية ، الى التبسيطات . ولكن اذا كانت هذه الاساليب تتيح لهم حساب سطح الدائرة بتقريب معقول ، فالأمر يختلف بالنسبة الى علم الفلك حيث لم يكونوا يتوصلون الى النتائج المرضية .

وعلى هذا فمن العبث البحث في النصوص المصرية عن اشارة واحدة الى كسوف . وهذا النقص في الملاحظة يتعارض مع النصوص الميزوبوتاميةMésopotamiens المعاصرة لهم ، والتي تضمنت اشارات عديدة حول الوقائع الملحوظة من قبل الفلكيين. والصحيح ان حالة معارفنا عن علم الفلك المصري هي من الضآلة بحيث يصعب ان نرى في هذه الواقعة ظل جهل او لا مبالاة من قبل

المصريين ، اكثر مما هي نقص في المصادر . والحفريات بهذا الشأن لم توفر الاّ القليل من الاسانيد ، ومن الممكن ان تكون النصوص التي تشير الى ملاحظات حول الظاهرات السماوية قد فاتت نباهة المنقبين او انها قد تلفت عبر السنين ، من هذه الزاوية تعتبر النصوص المصرية المدونة على البابيروس اسهل تلفاً من النصوص الميزوبوتامية المحفوظة على صفائح من التراب المشوي . وهنا واقعة يجب دائماً تذكرها عندما نقارن بين الحضارتين .

مصادر الدراسة حول علم الفلك المصري :ـ لا يوجد من اجل دراسة علم الفلك المصري ما يماثل البابيروس الرياضية والطبية . والمعارف النجومية عند المصريين يجب ان تستخرج من التمثيلات النجومية المقرونة بالاساطير والبادية إما فوق اضرحة من الامبراطورية الجديدة ، او من خلال « الروزنامات الانحرافية » والتي تزين اغطية بعض التوابيت من الامبراطورية الوسطى . وهذه المستندات ، نظراً لاصلها ولأنها تنقل عن بعضها البعض يجب ان تستعمل بحذر بالغ .

وتوجه الاضرحة ووضع الروزنامة يقدمان مؤشرات حول المعارف العملية لدى المصريين في مجال الفلك . ولهذا دُرست غالباً من قبل مؤرخي العلوم .

والبروج التي تزين سقوف بعض المعابد من العصر الاغريقي اعتبرت من قبل العلماء الاوائل في الشؤون المصرية كعمارات تتعلق بعلم النجوم وبعلم الفلك الفرعونيين . وكانت هذه موضوع ادب غزير ، يبدو اليوم غير مفيد ، إذ امكن اثبات ان هذه المستندات قد تأثرت كثيراً بالمفاهيم الهلينستية ، وانها لم تحتفظ من علم الفلك المصري القديم إلاّ بصور « الدرجات العشر » في البروج .

ولم يصل لايدينا نصوص مكتوبة على الببيروس (الا في النهايات الاخيرة لتاريخ مصر) تعلمنا عن المعارف الفلكية عند المصريين (بابيروس شعبية كارلسبرغ Carlsbert 1 و9). ورغم كتابة هذا الببيروس في العصر الروماني (بعد 144 من ولادة المسيح) فهويصف اسلوباً في تحديد مراحل القمر ، وهو مُشتق من مصادر اكثر قدماً ولا يتأثر بالعلم الهلينستي ، وكذلك الحال بالنسبة الى بابيروس كارلسبرغ 1ـ وهذا يثبت ، رغم انعدام الاسانيْد ظاهرياً ، انه كان يوجد في مصر كتب فلكية او على الاقل مجموعات من الوصفات العملية تشبه المجموعات المماثلة بالنسبة الى الحساب والى الطب . ويمكن ان تساعد الصدف في الحفريات على العثور على ما يسد النقص الحاضر يوماً ما . والنصوص الفلكية الشعبية الاخرى التي وصلت الينا تتعلق بمواقع الكواكب في السماء. ولكنها تبدو متأثرة إلى حدٍ بعيد بعلم الفلك الهلينستي التي اشتقت منه . ونشير بهذا الصدد ان علم الفلك القديم اي علم الامبراطورية القديمة والوسطى والجديدة ، الفرعونية ، يختلف عن علم الفلك الذي كان منتشراً في مصر بالذات بعد الفتح الفارسي (اواخر القرن السادس ق . م) اي علم مصر في العصر الادنى ، وهو غير مدين بشيء لعلم الحقب السابقة التي تتعلق دراستها بدراسة العلم الاغريقي .

الروزنامات المصرية :ـ كان المصريون على ما يبدو قد اعتمدوا روزنامة ترتكز على ملاحظات فلكية منذ الألف الثالث ق . م . وقد اعتبر هذا الأمر دليلاً على ان المصريين امتلكوا علماً نجومياً منهجياً منذ الالف الرابع ق . م ، حتى استطاعوا وضع ومراعاة عدد كاف من الملاحظات . وقد ساعدت هذه الفكرة كثيراً على الخطأ في تقدير صحة العلم المصري .

لقد قسم المصريون السنة الى اثني عشر شهراً وكل شهر الى ثلاثين يوماً ، وقد وزعت الايام

(360) الى ثلاثة فصول متساوية تكملها خمسة ايام (زيادة على السنة) (حرفياً « على » السنة) . وهذه الايام الخمسة سماها اليونانيون (épagomènes) أي الزائدة أو الاضافية .

وتعد السنة المصرية اذاً 365 يوماً مثل سنتنا . والشهور توزع بين 3 فصول كل واحدة منها 4 أشهر : 1 - الفيضان « قحط » . 2 — الشتاء : « بيرت » (اي « خروج » الاراضي من الماء) . 3 - الصيف : شيمو (نقصان المياه) . ولم يعرف المصريون ابداً عصراً مستمراً يشبه عصرنا او عصر الهجرة النبوية . وفي النصوص توضع التواريخ بسنة حكم الملك الحاكم مثلاً :

« السنة2 ، الشهر الثالث من الفيضان ، اليوم الأول ، في ظل جلالة ملك مصر العليا والسفلى ، نعمت رع (ـ امنحات الثالث) » .

ومهما قيل ، بهذا الشأن لم يحاول المصريون ان يضعوا يوماً اضافياً من وقت الى آخر لكي يصححوا التوافق بين سنتهم المدنية 365 يوماً ، والسنة النجومية كما نفعل نحن في سنواتنا الكبيسية ، وبالتالي بعد مرور 120 سنة على التطابق بين بداية السنة النجمية مع بداية سنة مدنية كانت السنة المدنية تسبق السنة الفلكية بشهر كامل . وكان يجب مرور 1456 سنة حتى تتوافق السنة المدنية مع السنة الفلكية من جديد . هذه الحقبة 1456 سنة سميت الحقبة السوثيكية نسبة الى النجم سوتيس (Sothis) ، وهو النجم الذي نسميه نحن « سيروس . Sirius (اي سبيدت المصريين Sepedet) . وهذه الحقبة استخدمها المصريون لتحديد بداية سنتهم ـ وقد لاحظوا باكراً ان النيل يبدأ فيضانه تقريباً عندما يبدأ النجم سوتيس بالظهور ، بعد خفاء طويل ، تحت الافق ، بحيث يُرى من جديد قبل طلوع الشمس بقليل . وهذا الحدث ، اي بزوغ سيروس الشمسي عند المنجمين الحديثين ، او كما كان المصريون يقولون « خروج سبيدت » ، اعتبر « يوم رأس السنة » أو بحسب التعبير المصري « بداية السنة » أي اول يوم من اول شهر من الفيضان » .

ولو أن هذا التوافق قد استمر ، ولو كان المصريون في كل سنة قد علقوا بداية سنتهم المدنية على ملاحظة مباشرة للبزوغ الشمسي لسيروس Sirius ، لكان لديهم سنة مدنية صحيحة . ولكان فصل الفيضان يحدث في منتصف تموز حتى منتصف تشرين الثاني ، يوم كان النهر يفيض . ولكان الشتاء قد امتد من منتصف كانون الاول حتى منتصف آذار اي في الايام الأقصر ، ولكان الصيف بدأ من منتصف آذار حتى منتصف تموز عندما تكون الارض قد تشققت بفعل الجفاف واصبحت تتطلب رياً دائماً . ولكن وبدون الخضوع لهذا التوافق ، وفي اليوم الخامس الاضافي ، المنتهي ، كانوا يعودون الى اليوم الأول ، اول شهر الفيضانات ، سواء ظهر سوتيس ام لم يظهر ، والسنة المعتمدة على هذا الشكل ، لما كانت قصيرة بربع يوم فقد كان يحدث ان يقع فصل الصيف الحقيقي اثناء الشتاء بموجب الروزنامة .

نحن نعلم عن طريق المؤلفين الكلاسيكيين ان تطابق السنة المدنية مع البزوغ الشمسي لسيروس Sirius قد حدث سنة 139 من عصرنا وبعد هذا التاريخ حسبتّ تطابقات مماثلة سنة 1317 وسنة 2773 ق. م . كان المصريون يراقبون بانتظام بزوغ سوتيس Sothis ، من اجل القيام بالاعمال

اللازمة لملاقاة الفيضانات ـ ونقلت الينا ثلاثة نصوص تواريخ مراقبة بزوغ سيروس Sirius الشمسي بالنسبة الى السنة المدنية الجارية .

وهذه البزوغات وقعت ، اولاها في حكم تحوتمس الثالث سنة 1469 ق.م . والثانية في السنة التاسعة من حكم امينوفيس Aménophis I الأول (1545 ق . م .).

والثالث في السنة السابعة من حكم سيسوتريس Sésostris III الثالث (1877 (ق.م.) .

ولما كان وضع الروزنامة ضرورياً قبل هذا التاريخ الاخير ، فانه لا بد وان يكون قد حدث سنة 2773 ق.م .او في سنة 4229 ق.م (اي بفارق 12 سنة تقريباً) وبحسب ما نكيف تاريخ مصر مع واحد من هذين التاريخين نكون قد تتبعنا التسلسل التاريخي الطويل او التسلسل التاريخي القصير . وهذا التسلسل القصير يتوافق اكثر مع ما نعرفه عن تاريخ مصر من المصادر الاخرى .

وهذا التحليل يجعل تبني الروزنامة من قبل المصريين مربوطاً بملاحظة نجومية دقيقة هي بزوغ نجم فوق الافق . ويستنتج من ذلك ان المصريين ،بحكم تنبيهم لمثل هذه السنة النجومية ، كانت وراءهم تجربة طويلة عاناها المنجمون . ولكن المعطيات الاساسية لهذا التحليل تبدو خاطئة . فالسنة المصرية البالغة 365 يوماً ربما لم تكن سنة نجومية بل سنة مرتكزة على النيل ، اي سنة زراعية (را. بركر R . Parker) .

وإذا كان فيضان النيل يتكرر كل 365 يوماً ، فان هذا الفيضان الذي يتعلق بالامطار الموسمية فوق هضاب الحبشة العالية ، هو حدث طقسي مناخي موسمي غير منتظم . وقد لوحظ تغير يتراوح فوق ما يزيد عن الستة اسابيع بين تواريخ بدء الفيضان خلال سنتين متتاليتين . وهذا التفاوت هو الذي منعهم من اتخاذ فيضان النيل كأساس لروزنامتهم المدنية ، وهو الذي حملهم على البحث عن ظاهرة اكثر انتظاماً ، انما على علاقة ، كما يعتقدون على الاقل ، مع الفيضان . ولهذا اعتمدوا البزوغ الشمسي لسيروس Sirius كبداية لفصل الفيضانات . وهذا التفسير يغير طرح المشكلة . ان هذه السنة المؤلفة من 365 يوماً ، وهي الافضل من كل السنوات التي استعملها الاقدمون ، لم توضع لان المصريين كانوا متفوقين في علم النجوم بل لارتكازها على فيضان النيل وهو الحدث الذي كان يهمهم فعلاً . ويجب بالتالي التخلي عن فكرة علم نجومي مصري دقيق يعود الى الالف الثالث . فضلاً عن ذلك ولما كان لا بد من فترة 240 سنة حتى يتطابق اول يوم من سنة عدد ايامها 365يوماً ، خارج الحدود الممكنة للفيضان ، في هذه الفرضية يمكن ان يقع اعتماد الروزنامة اثناء اية سنة من هذه السنوات الـ 240 ، ثم ، بدلاً من الظن ان اعتماد الروزنامة في مصر قد حدث وجوباً بين 2777 —2773 او بين 4233 — 4229 فإن هذا الحدث يقع في الحقيقة بين 2800و 2560ق . م الامر الذي يلائم اكثر من غيره ما نعرفه عن تطور الحضارة المصرية في هذه الحقبة .

والى جانب الروزنامة المدنية ، استعمل المصريون روزنامات اخرى ، وخاصة روزنامة دينية طقوسية مرتكزة على حركات القمر وتستخدم لتحديد تواريخ الاعياد الدينية . ويدل بابيروس كارلسبرغ (9)، كيف ان المصريين كانوا يتصرفون للتنبؤ بالمراحل القمرية ضمن تقريب كاف . وترتكز الطريقة على ان 25 سنة مصرية تغطي نفس الوقت لـ 309 أشهر قمرية . وهذه السنوات الـ 25 تمثل 9125 يوماً توزع على مجموعات أشهر قمرية يتراوح كل منها بين 29 و 30 يوماً . والتكرار الدوري

لهذه الطريقة البسيطة جداً يتوافق بوجه عام مع الوقائع . فالمصريون لم يكونوا يرغبون باكثر من ذلك ويمكن القول انهم لم يكونوا يستطيعون القيام بأفضل من ذلك بواسطة الوسائل الرياضية المتاحة لهم (O. Neugebcuer) . والغاية الاساسية من بابيروس كارلسبرغ (9) كانت تقوم على تقديم الوسيلة للكتاب وللكهنة لكي يضعوا في الروزنامة المدنية الجارية ، الأعياد القمرية المتحركة ، كما تدل على ذلك لائحة السنوات « الكبرى » والصغرى في الدورة ، والتي كانت تتضمن على التوالي 13 أو 12 عيداً قمرياً .

توجه المعابد والاهرام : منذ الحملة على مصر كان الاوروبيون الذين يعملون في وادي النيل قد لفتتهم دقة توجه الابنية المصرية وخاصة توجه الاهرامات التي كانت وجوهها متجهة نحو الجهات الاربع الرئيسية . وبالواقع كان الانحراف بالنسبة الى الشمال الحقيقي ، في الاهرامات الرئيسية اقل من درجة :

« الهرم الأكبر ، وهرم شفرن chéphren : 2′ و 28″. هرم ميسرينوس Mycérinus : 9′ و 12″ . الهرم المعيني R bombadale الشكل : 24′ و 25″. هرم مديوم Meidume : 14′ و 3″ » . وان نحن اعتبرنا ضخامة ابعاد هذه الابنية فإن هذه الانحرافات تبدو تافهة ، ويجب الافتراض ان المصريين كانوا يمتلكون الوسيلة الفعالة لتحديد الشمال الحقيقي . وهذا الاسلوب ، مع اليقين بانهم لم يعرفوا البوصلة ، ـ يرتكز على ملاحظة نجومية اكيدة ، ولكننا نجهل نوعها . إن الأسلوب الذي يستعمل اتجاه الظلال الأكثر قصراً لا يتيح على الاطلاق ملاحظة دقيقة بما يكفي لتفسير صحة الاتجاهات المدونة ، وهناك احتمالات اخرى قد عرضت : اتجاه النجم القطبي يومئذٍ ، بلوغ نجمة ثابتة الأوج ، مرور نجمتين ثابتتين في سطح عامودي ، منتصف الزاوية المتكونة من اتجاهين لنجمة واحدة متباعدين ومنفصلين بما يعادل 12 ساعة ، منصف زاوية شروق وغروب نجم ثابت ، وحديثاً ملاحظة التباعد الأقصى لنجمة ثابتة يفترض ان تكون (η) من الدب الأكبر (Z, Zaba).

من الصعب اختيار واحد من هذين الاسلوبين . وعلى كل ، ومع الاخذ في الاعتبار الوسائل التقنية المعتادة عند المصريين ، نحن نعتقد من جهتنا انهم وجدوا حلاً عن طريق تجريبي بسيط جداً .

ان استعمال الوسائل التي تستخدم طول الظل من اجل تحديد الساعة ، بعد علمهم ان الظل الاقصر يتوجه نحو الشمال ، لا بد انهم لاحظوا اثناء رصدهم الليلي ، وجود نجم ثابت يعطي نفس الاتجاه . وتطور الاسلوب ربما كان مثيلاً لتطور قادهم الى وضع الروزنامة . فهم بعد ان انطلقوا من ملاحظة تجريبية بسيطة كان عليهم ان يتوصلوا الى ملاحظة اكثر دقة . وهذا الاسلوب المريح جداً يكن يتطلب إلا «رؤية واحدة» (visée). ونحن نعلم ان المصريين كانوا يمتلكون الوسائل الضرورية لملاحظة من هذا النوع ، واخيراً ان الابهام الملازم للاجهزة بالذات وللاسلوب الذي تستعمل به هذه الآلات ، يشرح التغييرات في اتجاه مختلف الابنية .

وفي الواقع ان الابنية المصرية كلها لم تكن موجهة بدقة كدقة توجه اهرامات الجيزة . ففي كثير من الحالات كانت الهياكل موجهة ببساطة نحو النيل الذي كان المصريون يعتبرونه جارياً دائماً من الجنوب نحو الشمال مهما كانت التعرجات التي يرسمها . وبالطبع ان الاتجاه الحاصل على هذا الشكل تقريبي جداً .

وهكذا اذا كان توجه بعض الابنية يدل على ان المصريين ، كانوا يعرفون مكان الشمال الحقيقي فإن هذه المعرفة لم تكن تتطلب علماً نجومياً متقدماً جداً . وفي الوضع الراهن من معارفنا يكون من التسرع الاستنتاج ، كما حصل ، بانهم اكتشفوا قبل هيبارك Hipparque بوقت طويل حركة الكواكب الثابتة ، هذه الحركة التي سببها التحرك البطيء جداً في محور العالم .

الابراج المصرية : اذا كان علم النجوم لم يلعب الا دوراً ثانوياً في وضع الروزنامة المصرية ، فإن هذا لا ينفي ان يكون سكان وادي النيل قد لاحظوا من وقت مبكر مسار الكواكب ، وهذه الاستمرارية في الملاحظة هي التي مكنتهم من ربط الحدثين المستقلين وهما بزوغ سوتيس Sothis الشمسي من جهة ثم فيضان النيل من جهة اخرى . ومن بين الواجبات التي تتوجب على الوزير ، وهو الموظف الأكثر اهمية في الدولة المصرية كان واجب تأمين رصد سوتيس . والى الوزير كان يُرجع من اجل بزوغ النجم وكذلك فيضان النيل . وكان هناك اذاً موظفون مكلفون بالرصد الذي كان يوصف بانه نجومي . ورسوم السماء التي كانت تظهر في بعض القبور اتاحت التعرف على بعض الابراج التي عرفها المصريون . فالدب الاكبر كان يسمى « فخذ الثور ». ومن بين الابراج الاخرى المعروفة هناك النجوم المتجمعة حول آرك توروس ، Arcturus والممثلة بتمساح وهيبوبوتام hippopotame متعانقين ، وهناك « الأوزة » المرسومة بشكل رجل ممدود الذراعين و « اوريون Orion »، بشكل رجل راكض ورأسه ملتفت الى الوراء . اما « كاسيوبه » Cassiopée فيمثل بصورة وجه ذي ذراعين مدودتين،وكذلك التنين بعدة صور ، والثريات والعقرب والحمل . هذه المجموعة من الابراج التي تظهر داخل رسمة كائن حي او شيءٍ ما ، تشبه تلك التي ورثناها عن القرون الوسطى. ولكن رموزنا ، المستوحاة من البابليين تختلف تماماً عن الرموز المصرية .

وقد اعطى الراصدون المصريون اسماء لكل شيء لاحظوه في السماء : فالكواكب سميت « النجوم التي لا ترتاح ابداً » وفينوس سميت نجمة الصباح ، وجوبيتر النجمة البهية ، ثم ساتورن «سميت هوريس الثور» والمريخ هوريس الأحمر. اما النجوم القطبية التي كانت تُرى كل السنة فقد سميت « بالنجوم الخالدة » .

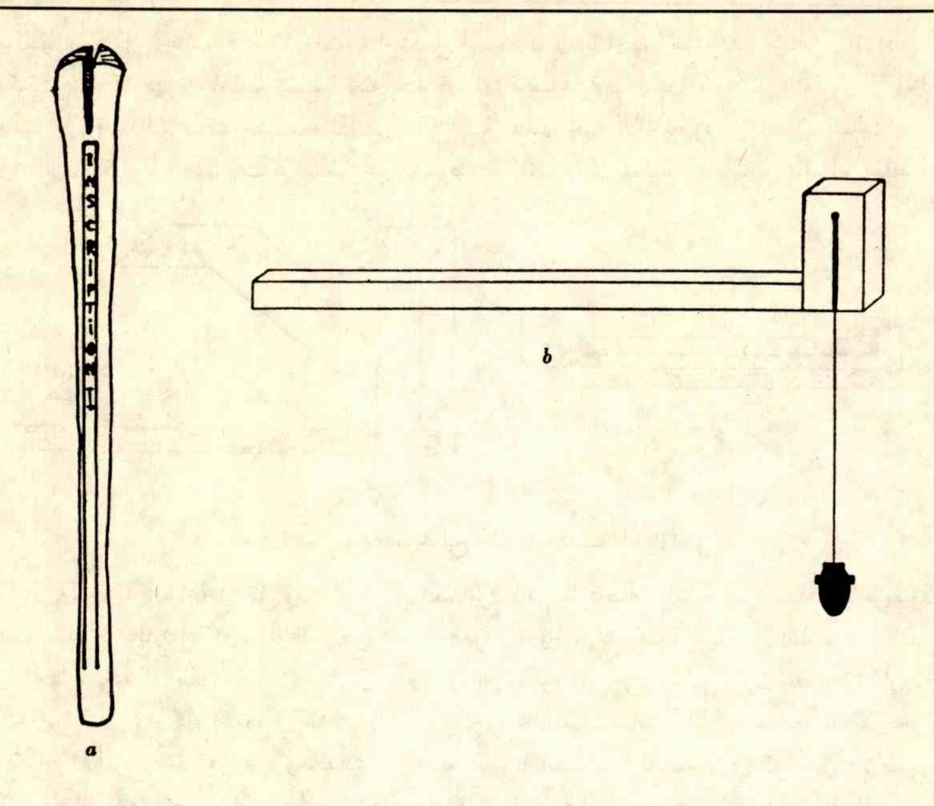
الدرجات العشر من درجات البروج - : إن العلامات الاثنتي عشرة من الابراج الفلكية كانت غير معروفة في مصر قبل العصر الاغريقي ، في حين ان البروج الخاصة او الدرجات العشر كانت غير معروفة من الشعوب الاخرى القديمة ، وكانت تستخدم لقسمة السنة المصرية الى 36 عقداً Décades. والدرجات المختلفة كانت تسمى باسماء مختلفة بعضها فقط امكن تأويله مثل « حاجب الجنوب » ، و « حاجب الشمال » و « الإله الذي يجتاز السماء » .

هذه المنازل او المراتب او الدرجات ، كانت اما مجموعات من الكواكب او كواكب منفردة كبيرة جداً . وكانت تظهر في ساعة محددة من الليل ، طيلة الـ 36 حقبة العقدية [اي المؤلفة من عشرة ايام] التي تشكل السنة . وهي تقع ضمن منطقة استوائية وتبتدىء بـ (سيروس - سوتيس) — sirius Sothis» « سبيدت » Sepedet (= الممتازة) ، وتسمى احياناً « سيدة السنة » . والدرجات هي التي تظهر في الصور او الرسمات السماوية في القبور مقرونة باساطير كتابية مقدسة . وهذه النصوص الغامضة بالنسبة الينا ، يجب ان تكون كذلك بالنسبة الى المصريين انفسهم لأن بابيروس Papyrus Carlsberg

كارلسبرغ ـ 1 ، المكتوب منذ الف سنة بعد النصوص التي رافقت الرسوم النجومية المأتمية ، هو تفسير وتأويل لها . إن النص الاصلي القديم، المدون بلغة كهنوتية مقرون بترجمة حرفية باللغة الشعبية ، واحياناً مقرون بتفسير يدلنا على معناه . وفي بعض الاحيان استبدلت الاشارات الهيروغليفية المعتادة باشكال رمزية تخفي المعنى الحقيقي عن القاريء غير العارف . وقد لعب بابيروس كارلسبرغ دوراً ثميناً حيث دل المؤرخين انه من الواجب الحذر ، في النصوص النجومية المأتمية ، من التغيير في معاني الكلمات . وكان من الواجب اعادة ومراجعة كل ما نشر في تلك الايام حول موضوع شروق وغروب النجوم طيلة السنة ، وبالتالي كل رصودات الابراج القديمة . ان لائحة ساعات الشروق والغروب بالنسبة الى النجوم والابراج ، والمتوفرة لدينا لا تتمتع بدرجة عالية من الدقة . ومن المشكوك فيه مثلاً ان تكون الدرجات ابراجاً تغطي كل واحدة منها عشر درجات من دائرة كبيرة في الكرة السماوية . ومن هذا الواقع يصعب استعمال نصوص تشير اليها من اجل وضع خارطة للسماء كما رصدها المصريون . ونظام الدرجات او المراتب الذي يعود على الاقل الى السلالة الثالثة (حوالي 2800) ترتدي اهمية بالغة في الحقبة الاغريقية الرومانية حيث استعمله علماءُ النجوم عندهم .

ادوات الرصد : من اجل تقييم وتقدير القيمة التي يجب منحها لارصاد المصريين يجب علينا ان ندرس طبيعة الأدوات التي كانوا يستعملونها ثم تقنيتهم في الرصد .

وقد استعمل الكتّاب والكهنة الذين كانوا مكلفين بالرصد الذي به تتعلق الحياة المراسمية في المعابد ، بصورة اساسية ، آلةً بسيطة تسمى « المركت Merkhet» . إنه غصين بلح مشقوق في قسمه الأعرض (صورة رقم 7 — a) . يوضع الشق بجانب العين وينظر الناظر باتجاه الخيط الرصاصي « الشاقول » (صورة رقم 7 — b) الممسوك من قبل مساعد جالس على مقربة منه . هذا الخيط الرصاصي يعلق بمسطرة افقية الوضع بحيث يتطابق خيط الآلة مع علامة موجودة في الخشب . ويجلس المراقبان الواحد في قبالة الآخر وفقاً لاتجاه شمال جنوب . وتتحدد الساعات عندما تجتاز بعض الكواكب الخيط العامودي مارة بالقلب ، او بالعين اليمنى او اليسرى او في اجزاء اخرى من جسم المشاهد . وتقارن النتائج مع خطوط بيانية diagrammes موضوعة سلفاً وتتألف من « شبكة » مربعة عنها ينفصل المشاهد ، في حين تكون الكواكب مصفوفة حوله . وتحدد النصوص موقع الكواكب بالنسبة الى جسد الشخص المساعد . مثاله : « الساعة الثانية ، النجم بيتف ـ petef فوق القلب . الساعة الثالثة ، النجم آري ـAry فوق العين اليسرى » الخ . .

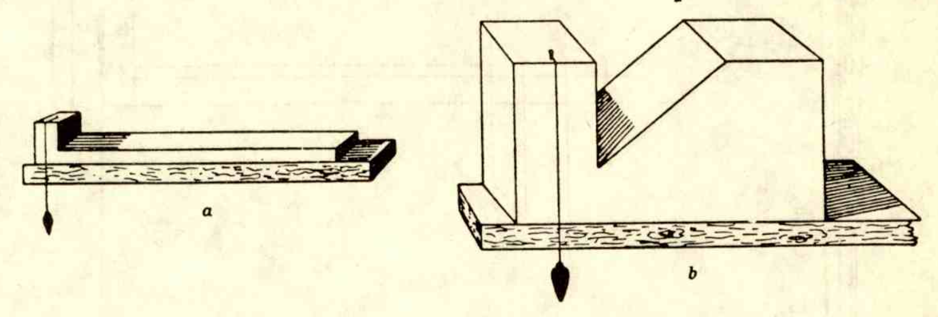


(صورة رقم 7 ـ آلات الرصد المصرية . إلى اليسار a) مركت ؛ إلى اليمين b) مسطرة مزودة بشاقول « خيط ذو رصاصة » .

هذه الخطوط البيانية تعطي موقع النجوم طيلة الاثنتي عشرة ساعة من ساعات الليل على مدار السنة كلها ، ولحقب مدتها خمسة عشر يوماً لكل حقبة .

وتستعمل المركيت Merkhet والمسطرة المزودة بخيط الرصاص اي الخيط المثقل برصاصة ، بصورة اساسية ، لمراقبة النجوم ولتحديد الساعة اثناء الليل . اثناء النهار كان المصريون يستعملون منذ اقدم العصور ، التغيير في طول الظل لتحديد الساعة . وان هم راعوا تبدل هذا الطول في نفس ساعة من النهار، وحسب الفصل في السنة، فليس من المؤكد انهم قد لاحظوا تأثير موقع مكان المراقبة بالنسبة الى خطوط العرض latitude . والشكل الابسط في الادوات المستعملة هي مسطرة خشبية بسيطة او من العاج ذات حفة عامودية وخيط شاقولي (صورة 8 — a). وكانت اسماء الساعات تحفر على المسطرة باتجاه العلاقة المقابلة . وهذه الاداة ظلت حتى ايامنا في مصر العليا ، حيث ظلت تستعمل الى وقت قريب ، لحساب مدة تعاقب الثيران المكلفة بتدوير آلات الريّ (الساقية) ولتحديد زمن فتح السدود « الهرابات » في الحقول . وكانت الظلال المرسومة صباحاً ومساءً ، وبسبب طولها المديد ، تقتضي استعمال مسطرة طويلة لقياسها . ولملافاة هذا الازعاج ، بنى المصريون اجهزة يكون فيها الظل مرسوماً على سطح منحنٍ بحيث يختصر الطول اللازم بشكل كلي (صورة 8 — b) . ولكن الاجهزة التي وصلت الينا سواءً كانت مسطحة او ذات سطح منحنٍ لها صفة مشتركة : عدم ضبط الساعة المرقمة

بواسطتها . والى جانب هذه الادوات ، استعمل المصريون ايضاً اجهزة تستخدم مبدأ اتجاه الظل . وكانت هذه الاجهزة ساعات شمسية تتيح عند ضبطها قياساً للوقت اسهل ، بفضل التقسيم الى زوايا قائمة . واقدم الساعات الشمسية المصرية التي عثر عليها حتى الآن تعود الى القرن الثالث عشر ق . م . ولكن هذه الساعات هي ايضاً غير مضبوطة . الظهر فقط صحيح . اما بقية الاقسام فغلط .



صورة 8 ـ اجهزة مصرية تتيح تحديد الوقت سنداً لطول الظل .

ولتحديد الساعة في كل وقت استعمل المصريون ايضاً الرّقاصات المائية التي سماها الاغريقيون « كلبسيدر Clepsyder» . والبعض من هذه الأجهزة وقد وجد إنما بحالة سيئة في اغلب الاحيان . واقدمها ، تعود الى القرن الثالث عشر ق . م . وتزين بنجوم وابراج ، وتحمل حول سطحها الخارجي التدوين التالي : « كل صورة في ساعتها . . . من اجل تحديد ساعات الليل ، عندما تكون نجوم الابراج او المراتب غير مرئية ، وهكذا يمكن تحديد الساعة الصحيحة للتضحية في كل حين » (صورة 9) . وهناك تدوين من بداية السلالة الثامنة عشر (حوالي سنة 1580ق . م .) يدلنا على ان المصريين كانوا يومئذٍ يصنعون ساعات مائية .



صورة 9 ـ كليبسيدر مصرية ـ (ساعة مائية) .

وكان المصريون يبدأون يومهم عند مغيب الشمس . وكانوا يميزون الليل « جره »(gereh) بغياب الشمس. والنهار « هرو »(herou) بطلوع الفجر . وكل من هذين القسمين من اليوم كان

يقسم الى عدد من الساعات متساوٍ :12 . هـذه الساعـات كانت اطـوالها مختلفـة بحسب الفصول . وساعة الليل في الشتاء كانت اطول من ساعة الليل في الصيف . ولمراعاة هذه الفوارق الفصلية حُفِرَ بيانٌ داخل الوعاء: مقابل كل شهر هناك صف عامودي من اثنتي عشرة اشارة كل اشارة منها تدل على ساعة من الساعات الاثنتي عشرة من الليل في هذا الشهر .

والآلة ذات شكل اسطواني ، كانت مملوءة بالماء. وكان هناك ثقب صغير في أسفل الاناء يسمح بمرور السائل بصورة تدريجية . وترتيب الاشارات على حافـة الإناء كـان يتوافق مـع الفرضيـة ، غير الصحيحة ، القائلة بانخفاض منتظم لمستوى الماء. والشكل الاسطواني المنحرف ، وهو ابتكار ذكي لم يكن يكفي لمعادلة الانخفاض في الضغط المؤدي الى انخفاض وتناقص الخروج . ونحن نلمس هنـا لمس اليد قصور العلم المصري . ورسم ساعة مائية دقيقة لم يكن متاحاً الا بعد حسابات معقدة لم يكن الرياضيون المصريون قادرين عليها ، فالشكل الاسطواني المنحرف ، المعتمد بعـد التلمس ، يصحح بـالتأكيـد قسماً من الغلط الثـابت ولكن النتيجة الحـاصلة تبقى تقريبيـة . وفي اواخر عهـدهم حاول المصريون ان يتلافوا هذا النقص باستعمال كليبسيدر اسطواني مرتكز على مبدأ الامتلاء. الماء يسقط فيه تدريجياً ، وهناك خطوط تدل على الساعة بصورة تدريجية كلما ارتفع المستوى. وبواسطة خزان مملوء دائماً اصبح هذا الجهـاز ادق من الساعـة المبنية عـلى انسياب الميـاه . ولكن نحن لا نعرف هـل هذا كـان صحيحاً .

عدم كفاية الملاحظة المصرية ـ: هذا الفحص للوسائل النجومية عند المصريين يدل الى اي حد كانت تقنية الملاحظة عندهم مختصرة . وكان يكفي مثلاً عند ملاحظة بزوغ الابراج ان يكون الملاحظ او مساعده مختلفي القامة عن قـامة المـلاحظين الـذين وضعوا الكشـوفات الاوليـة حتى تتغير النتـائج الحاصلة بعدة درجات . ونحن لا نشير الا للذكر ، الى صعوبة الحفاظ على ثبوتية المسافة التي تفصل بـين المـراقب ومسـاعـده ، خـاصـة في بلدٍ كـان طـول الـذراع فيـه غـير دقيق عـلى الإطـلاق . . وكـذلك كـانت الوسـائل التي تتيـح للمصـريـين تقـديـر مـرور الـوقت غير دقيقـة لاتـاحـة القيـام بالحسابات المضبوطة . ويستدل على ذلك عندما تدرس الجداول التي تتضمن الفروقات في الوقت بين النهار والليل طيلة الفصول المختلفة . فساعات النهار كانت تزيد طيلة ستـة اشهر وتنقص طيلة ستـة اشهر ايضاً ، ومجموع الساعات اليومية كان دائماً24 . وهذه الجداول ترتكز على ملاحظات اكيدة واذا كانت تختلف مددهـا الحقيقية ، فليست الا بسبب اخطاء تعزى الى عـدم كمال المعـدات القياسيـة المستعملة لتحديدها « J . J. Clère) وهذا مثل مأخوذ من هذه الجداول :

« الشهر الاول من الفيضان : اليوم الأول . . . نهار 10 س $\frac{1}{4}$ ليل 13 س $\frac{3}{4}$.

« الشهر الاول من الفيضان : اليوم 15 ... — 11س — 13 س .

« الشهر الثاني من الفيضان : اليوم الأول ... — $\frac{1}{2}$ 11 12 س $\frac{1}{2}$

يمكن لكـل الكسور المستعملة في هـذا الجدول ان تحـول إلى $\frac{1}{12}$ ؛ « ويمكن ان نفـترض انهم استعملوا النـظام الاثني عشري لتقسيم السـاعة . . . تقليـداً لتقسيم السنة الى اثني عشر شهراً والى تقسيم الليل والنهار الى اثنتي عشرة ساعة، والساعة الى اثني عشر جزءاً متساوياً ، كل جـزء يساوي 5 دقائق من وقتنا . (J . J . Clère) وتـلاحظ ، على كـل حال ان هـذا التقسيم لم يكن يحمل اسمـاً . واللغة المصرية لم تكن تمتلك إلا كلمة آت at « لحظة » ، أو « حين » . وهذا التعبير لم يكن لـه زمن

محدد بدقة بالنسبة إلى الساعة، وأخيراً ان جداول مدة النهارات والليالي، الدقيقة ظاهرياً، هي في اغلب الأحيان غلط .

وإذا كانت « الاعتدالات » [تساوي الليل والنهار] قد لوحظت بدقة ، فقد لوحظ ان اليوم الخامس عشر من الشهر الثالث شيمو shemou « صيف » كانت مدته 9 ساعات و20 د . في النهار و14س و40 د. في الليل (وإذاً فالوقت هنا ، في الروزنامة المدنية كان بعيداً جداً عن الروزنامة الفلكية ، في حين ان موقع مصر في خطوط العرض يجعل الايام الاقصر لا تقل عن 10 س 5 د . وبعض الجداول تبدو اكثر خطأً . ففي بابيروس موجود في متحف القاهرة ، يؤخذ ، كقاعدة حساب ، تغييرٌ طولُه ساعتان بين شهر وآخر مهما كان الفصل .

وهكذا نرى كم كان المصريون متسامحين في رغبتهم بالدقة . والتقريب حتى البعيد عن الحقيقة كان يرضيهم . ولهذا السبب لم تكن علومهم الفلكية متقدمة .

الطابع الديني والطقوسي للتنجيم المصري : نعتقد انه من العبث البحث عن اصل تنجيمي وراء علم الفلك المصري . فالمصريون على ما يبدو لم يؤمنوا بعلم التنجيم قبل دخول اليونان الى مصر . وعلى كل لم يعثر على اي نص او اشارة دقيقة تتيح الظن بهذا الأمر . ووجود علم تنجيم قبل الحقبة الهلينستية hellénistique لا يمكن ان يستنتج الا من براهين غير مباشرة مع كل ما تقترن به هذه البراهين من ضلالة . ان كل المستندات الفلكية التي وصلت الينا كان لها هدف واحد : تحديد الساعة والوقت الذي يجب ان يتم به هذا الاحتفال الديني او ذاك . وهذا هو في الواقع منشأ العلم الفلكي المصري . وهذه الرغبة في الدقة في اكمال الواجبات الدينية تبدو من خلال النصوص المدونة على اجهزة المراقبة . « إذا كانت الابراج تلعب مثل هذا الدور في هذا العلم فلأنها كانت تستعمل لتحديد ساعات الليل ». ولكن المراسم اليومية في المعابد ، والموضوعة بدقة كانت تقتضي من الكهنة التوزع ضمن مجموعات فيلاه phylae» من اجل تنفيذ المراسم الدقيقة في اللحظة الصحيحة. وداخل كل «فيلاه» كان هناك توزيع للخدمة وكان رجل المناوبة ، او بحسب التعبير المصري « الكاهن في وقته ، يستبدل ضمن اوقات محددة . من هنا العبارة المحفورة فوق آلة التصويب : « مؤشر . . . لكي يتم وضع كل الرجال في مواضعهم ». وكذلك بعد الموت حيث تلعب الحياة الليلية دورها ، يتوجب ان يستطيع الميت ان يلفظ بدقة ساعة فساعة التعاويذ الضرورية اذا اراد النجاة من اشراك الاعداء الذين يلاحقونه في مساره الليلي ! وهذا يفسر المشاهد الفلكية في الاضرحة والقبور .

وكان كل شيء يسير على ما يرام ، كما نرى ، وليس من المبالغة القول ان علم الفلك المصري هو علم طقوسي قبل كل شيء وهذا الانشغال بمسار الزمن ، وبالتوجه الصحيح ، وبالحاجة الى انجاز المراسم في الوقت المناسب حملت المصريين ليفهموا الوجود فهماً خاصاً : فكل يوم كان تحت تأثير حدث ديني يحدث في ذلك اليوم من الازمنة الميتولوجية . وبحسب ما إذا كان الحدث سعيداً او تعيساً ، فإن اليوم المقابل يعتبر خيراً او شراً .

وهناك « بابيروس » مخصصة بأكملها لهذا النوع « مرشد السلوك اليتومي » . كل يوم مرسوم فيه ، ومقابله مدون ثلاث ملاحظات او اشارات متوافقة مع ثلاثة اقسام متساوية من اليوم .

هـذه الاشارات يجب ان تفسر بدقـة لأن يوماً واحداً من ايـام هذه « الـروزنامـات الخيرة او الشريرة » ينتهي بلائحة تتضمن يوماً فيوماً وشهراً فشهراً ، مـدة الليالي والنهـارات ، لتمكين قـارىء الروزنامة الرئيسية من تتبع التعليمات المدرجة . وقد اصبح من المتفق عليه القـول بعد هيـرودوت ان المصـريـين كـانـوا « اكـثر النـاس تـديناً » . ولكن من المؤكـد ان دقـة طقـوسهم الـدينيـة ، والاهمية التي كانوا يعطونها لمسار اساطيرهم الرئيسية ، وهي اساطير كانوا يعيشونها يوماً فيوماً وسـاعة فساعة ، في الزمن تشرح افضـل شرح طبيعـة علم الفلك المصري . والأهميـة التي يلعبها في تحديد الساعه وتحديد التاريخ .

استنتاجـات

قبل الانتهاء من هذا الوصف للرياضيات ولعلم الفلك المصري يتوجب قول كلمة عن ما يسميه البعض « بعلم الفراعنة السري » . وليس من النافل التذكير باننا لا نعرف شيئاً عن هذا العلم وانه من اكثر العلوم شكاً به وبوجوده . وكل الابحاث التي دارت حول « ارقام » الهرم الاكبر ، وغيره هي مجرد صبيانيات . ولا يختلف الامر في شيء لو ان الكتّاب استعملوا قياسات واعداداً دقيقة وهذا امر مشكوك به ايضاً . لماذا مثلاً كشف لنا « الهرم الاكبر » بشكل غـامض ، ومستعصٍ على الفهم ، علماً متقـدماً يفوق تقدم العلم الاغريقي ويقترب من العلم الحديث ؟ يوجد في وادي النيل من الدلتا حتى السودان اكثر من 150 هرماً . وحده هرم شيْبوس Chépos يعطينا حقيقة قيمة (π) وطول شعاع الارض ، والقياس الصحيح لقوس خط الهاجرة الأرضي ؟ وهكذا تظهر لا منطقية هذا الوضع المرتكز ، كما سبق القول على قياسات غير صحيحة .

وقد نوقشت كثيـراً ، وبشكل دقيق ، الصفـة العلمية وغـير العلمية للريـاضيات ولعلم الفلك المصري . وكما سبقت الاشارة ليس كون العلم المصري علماً تطبيقياً ، غير نظري ، بالأمر الذي يحرمه من صفة العلم . ان فكرة العلم يجب ان ترتكز على مسألـة المنهاج . وفيـما خص الريـاضيات وعلم الفلك يبدو الوضع واضحاً جداً .

« ان معيار الرياضيات العلمية يجب ان يكون وجود فكرة الاثبات او الدليل . في علم الفلك انه استبعاد كل الحجج التي ليست مرتكزة بصورة كاملة على الملاحظات او على الاستنتاجات الرياضية في فرضية اساسية . . . والرياضيات المصرية لم تبلغ مستوى من تفسير الوسائل المعمول بها ، بحيث يمكن اعتبارها كأثبات برهاني . وعلم الفلك المصري كان يكتفي بوصف نوعي مختصـر جداً للظاهـرات ، وهنا ايضاً ، اذاً ، لا نجد اي اثر للطريقة العلمية . . . وانه لخطأ فادح ان تعطى الاسانيد المصرية الرياضية او الفلكية العنوان المجيد « اعمال علمية » ، او الافتراض بوجود علم ما يزال مجهولاً سرياً او ضائعاً ، منعت من اكتشافه ، في النصوص التي وصلت الينا ، اشياء ما تزال مجهولة » .

هذا الحكم القاسي الذي اورده نوجبور Neugebauer ثابت . الا انه يمكن القول ان المصريين ، في بعض الحالات قد استشعروا الحاجة الى البرهان . ولكن هذا الحكم مهما بدا معقولاً ، فيه كثير من الظلم . لا شك ان المصريين لم يتوصلوا الى فكرة ما يسمى بالمنهج العلمي ولو في مطلعه . وكان لا بد

من انتظار القرن الخامس ومجيء الحضارة الاغريقية . الا انهم توصلوا الى تحسس الدقة ، وعشقٍ للصحيح (معات maât) بكل معنى الكلمة . وهذا الوضع الفكري يتفق تماماً مع مجمل حضارتهم : ولنذكر النجاح المادي والتقني في مشاريعهم : اهرامات ، معابد ، وكمال اعمالهم الفنية بيد فنانيهم وحرفييهم . ونجد في كل مكان هذا الاهتمام بالكمال والحقيقية . لا شك ان الرياضيات وعلوم الفلك التي مارسها المصريون كانت بدائية جداً . ولكن المهم في نظرنا ، انهم استعملوها بإدخال مزيد من الدقة ومن الفعالية في حياتهم اليومية وكان بامكانهم ، كما في الحضارات البدائية الاخرى الكثيرة ان يكتفوا بالشهور القمرية ، وبالسنين المبهمة ، وبحساب للزمن مقصور على الضرورات اليومية : ساعات الطعام والمنام والنهوض . وحتى لو ارتضوا بالتقريب ، في كثير من الاحوال ، فقد سعوا الى الدقة ما امكنهم . وهذا الاهتمام بالفعالية وبالاكتمال ليس هو بالفكر العلمي الحق . وربما يقال انه مرحلة من مراحله . من هذه الرؤية تَفَوَّق المصريون على كثير من الحضارات القديمة ، معاصرة او اكثر جدة منهم ، وهذا ما يفسر اعجاب الاغريق بهم .

II ـ الطب المصري

المستندات ـ لم يتعرف شامبُليون Champollion واتباعه المباشرون على الطب المصري الا من خلال الكتاب الاغريق . ويذكر تيوفراست ، Théophraste ، وديوسكوريد Dioscoride ، وغاليانGalien ، باستمرار الوصفات التي عرفوها عن الاطباء المصريين او بصورة ادق التي تعلموها عنهم ، كما قال « غاليان » عند وصف المؤلفات المحفوظة في المكتبات الموجودة في معبد « أمحوتب Imhotep» في منفيس والتي بقيت محفوظة حتى القرن الثاني من عصرنا ، وحيث درس ، منذ سبعة قرون ، قبلُ ، هيبوكراط Hippocrate ابو الطب .

وبعد سنة 1875 فقط اخذ المتخصصون في العلوم المصرية يعرفون مباشرة الطب المصري ، بفضل نشر اكثر من نصف دزينة من مجموعات البابيروس Papyrus المجلوبة من مصر العليا واشهرها : بابيروس ايبرس Papyrus Ebers 1875 ، بابيروس كاهون Papyrus de Kahoun 1898 ، بابيروس برلين Papyrus de Berlin 1909 ، بابيروس سميث Papyrus smith 1930[1] وتختلف هذه المستندات بمضمونها وباسلوب العرض فيها كما في الروح التي تحركها . ان بابيروس ايبرس وبابيروس برلين هما مجموعات من الوصفات الطبية التي لا تخلو من تعاويذ السحرة .

اما بابيروس سميث فيتميز بموضوعه : عرض للحالات التشريحية ، وباسلوبه العلمي تقريبا . اما بابيروس كاهون القصير نسبياً فهو دقيق وموجز تماماً . وفيما يعود تاريخ هذا الاخير الى السلالة الثانية عشرة يعود بابيروس ايبرس وسميث الى السلالة 18 ـ وبابيروس برلين الى التاسعة عشر . ولكن النسخات الاصلية التي اخذت عنها او اقتبست منها هذه المجموعات الاخيرة تعود الى الامبراطورية القديمة .

بدايات الطب ـ اعتبرت الامراض ـ على الاقل الامراض الداخلية ، ـ ولمدة طويلة ، من قبل المصريين وكأنها من فعل العوامل غير الطبيعية : إله او آلهة ، ميت او ميتة عدو او عدوة » استطاعت ان

---

(1) هذه النصوص سوف تذكر بموجزاتها : B = برلين E = ايبرز ، K = كاهون ، S = سميث .

تتسرب الى جسم انسان اصبح بالمعنى الحرفي « مسكوناً » . فكيف تطرد هذه إنْ بغير الوسائل غير الطبيعية ايضاً ، التي يعود شأنها الى السحرة او المشعوذين ؟ وكان هؤلاء يعرفون تعويذات من شأنها ان تبعد كل اذى . فإذا اريد مثلاً نزع رباط بدون الم يكفي ان يردد : (باسم « ايزيس » يخلص من يخلص . وقد نجا « اوروس » بفعل ايزيس من الشر الذي احدثه له اخوه سيث Seth . . . يا ايزيس ، ايها الساحر العظيم خلصني انقذني من كل شيء سيىء ومضر واحمر ، انقذني من الشر الذي يسببه لي رب غيرك او ربة (خلصني) من ميت او ميتة من عدو او عدوة تريد ان تمنعني ، كما تخلصت انت وتحررت من فعل ابنك هوروس Horus . وبما اني دخلت في النار وخرجت من الماء فلن اقع في الشرك هذا اليوم . لقد دعوت (الدعاء) وها انا اعود فتياً معافى » .

مثل هذه التعويذة كانت بفضلها الذاتي كافية ، بدون اي علاج او وصفة اجزائية ، للشفاء . ولكن الامر لم يكن هكذا دائماً . اذ ان التعويذة لم تكن تفعل الا بواسطة مادة محسوسة مثل المرهم او القطرة او الدهون الخ .

وهكذا ، لشفاء الحرق تذكر تعويذة مقرونة بوصفة طبية : « ابني ، يا اوروس Horus، محروق في قلب الصحراء . وهناك لا يوجد ماء . وانا غير موجودة معه . وقد جلبت ماءً من جانب غرفة الماء لاطفاء النار . تقرأ هذه التعويذة على حليب امرأة وضعت صبياً » (E , 500) . .

بالتأكيد كان الطبيب يؤمن بقوة الكلمات السحرية التي تشفي المريض المتماهي بِـ في هذه المناسبة بهوروس Horus . الا ان التعويذة تقترن بمعالجة : حليب يسكب على الجرح . وكان يحدث ان يكون العلاج فعالاً بدون التعويذة ، ويكون المريض قد نسي كلمات التعويذة او لا يتوفر له الوقت لتردادها وبعد تكرار التجربة اكتُفِيَ بالدواء وحده وهكذا حل الطبيب محل الساحر . وعقلنة الطب لم تكن كاملة تماماً . فقد كان الاطباء يسترسلون باظهار قيمة بعض الادوية التي يعطونها اصلاً سماوياً . فيقال إن هذا المستند قد وجد بين كتابات قديمة تحت اقدام انوبيس Anubis في مدينة ليتو بوليس Létopolis (E,856.) ومثله الدواء ضد الحكاك، وجد عند احصاء موجودات معبد انوفريس Onnophres (E رقم 589) . واكثر من ذلك كانت هناك امراض يرفض الاطباء مداواتها ويتركون مداواتها للسحرة : مثل عقصة العقرب التي لم يذكر اي دواء لها ، والتي تشفى بذكر تعويذة مسندة الى « ايزيس » والى ثوت Thot او ابتلاع ماء مثقل بحماية سحرية لانه لامس صوراً او نصوصاً محفورة على تماثيل شفائية .

وكان الأطباء والسحرة متفاهمين تماماً . وفي « كتاب القلب » ورد ان اعضاء « الجسم » الشبيه بالطبي ، وهم كهنة الحكمة (سخمة Sekhmet) ، كانوا يستطيعون جميعاً اخذ نبض المريض . وكان المصريون يساوون بين الذي يشفي بناء على مباديء الفن الذي درسوه ، وبين الذي يشفي بالألهام الالهي ، او الذي يشفي بالتعويذات المنقولة على لسان السحرة الآخرين . وهكذا نرى ، في الامبراطورية القديمة رجلاً مثل هيري Iri يوصف بأنه طبيب وساحر .

وكان بعض الأشخاص المكلفين بمرافقة العمال الى المقالع في حتنوبHatnoub ، يلقبون بدون اي حرج ، برئيس الكهنة ، كهنة الحكمة او رئيس السحرة او طبيب الملك الكبير ، ويمكن القول بأن السمعة الطبية التي تمتع بها الطب المصري في الشرق القديم كانت تعزى فقط إلى العلم والى الصفات المهنية الطبية التي كان الأطباء يتمتعون بها وحدهم .

الأطباء . كان من عادة الطب وغيره من المهن ، انه ينتقل اباً عن جد ، وكما كان الكاهن يعلم خليفته من اولاده معارفه القولية والمراسم ، كذلك الطبيب كان يعلم ابنه علومه . وكان هنا الولد يخلف اباه في مهنته .ولم تكن هناك مدارس طب . ولكن كان هناك بعض مؤسسات تسمى « بيوت الحياة » وفيها يستطيع المتمرن ان يكمل معلوماته التي اخذها عن والده ، بمعاشرة العلماء الأطباء ومدراء المؤسسات (سكربتوريا scriptoria) حيث كان الكتاب يشتغلون في تأليف واعادة الكتابات المخصصة في الطب - وفي هذه المعامل صنعت «البابيروس» الطبية التي بين ايدينا ، كما كان هناك مؤسسات مماثلة تنتج مؤلفات دينية مثل النماذج التي وصلت الينا من « كتاب الأموات » .

وهكذا كان المبتدىء ، محروساً بحماية « ثوت » « الذي يسيطر والذي يعطي المهارة للعلماء [= السحرة]، والأطباء وتلامذتهم ، لشفاء المريض الذي يريد الله ابقاءه على قيد الحياة » (E — 1)، وهكذا يقبل المبتدىء في الوظيفة ، لأن الأطباء المصريين كانوا موظفين لدى الدولة ، يقول ديودور الصقلي Diodore de sicile : في الحملات العسكرية وفي الرحلات كان كل الناس يعالجون مجاناً ، والأطباء كانوا يتقاضون اجرهم من المجتمع » (I , 92) وكان هناك تراتب في كل هيئة ادارية . واذاً كان هناك رؤساء اطباء واطباء مفتشون . وكان لقب « الطبيب الرئيس في الشمال او في الجنوب » معروفاً لدينا . وكان الأكثر حظوة يلحقون بالملك كأطباء في البلاط . وفوق هؤلاء هناك لقب لأطباء البلاط . وكان هناك طبيب مفتش للبلاط وطبيب رئيس فوق اطباء الملك .

وبحسب هيرودت (Hérodote (II , 84 « كان كل طبيب متخصص بمرض لا بعدة امراض » .

وهذا زعم يحتاج إلى برهان . لأن هيري Iri الذي ذكرنا اسمه لم يكن فقط طبيب بلاط بل كان ايضاً طبيب عيون ومتخصصاً بأمراض المعدة والأمعاء والمخرج : اي أنه كان طبيب صحة عامة . ولكننا نعرف باليقين أنه كان هناك دائماً اطباء اسنان واطباء عيون متخصصون فقط بحقلهم فضلاً عن الجراحين . ويوجد ايضاً كتب مخصصة بجميع انحاء الجسد، وتتضمن عدة فصول : ستة حسب قول كليمان الأسكندري Clémetd'Alexandrie : الفصل الخامس يعالج امراض العينين والسادس امراض النساء. ويمكن الأفتراض ان فصلين من اصل الفصول الأربعة تتعلق بأمراض الصحة العامة . وان فصلاً آخر (يتوافق تقريباً مع ببيروس سميث » كان مخصصاً لجراحة العظام . وان فصلاً آخر ايضاً يتضمن معلومات تشريحية .

علم تشريح القلب ووظائفه - : على ماذا تقوم هذه المفاهيم التي كان المصريون يعرفونها عن بنية القلب ؟ يتوجب الاعتراف بان الانسان ظل بالنسبة اليهم « مجهولاً ». فرغم التسهيلات التي يفترض ان تتيحها لهم ممارسة التحنيط ، ظلت معرفتهم بالاعضاء الداخلية غامضة جداً . ويبدو انهم جهلوا وجود الكليتين. اما القلب فإذا لم يؤخذ عليهم انهم لم يستطيعوا استباق هارفي Harvéy في اكتشاف الدورة الدموية فانه يثير الاعجاب التفسير الذي اعطوه لعضلة القلب والتي اطلقوا عليها اسم « الاوردة » .

وقد حفظ لنا « بابيروس ايبرس » كتاباً عن القلب ، مقروناً بمعجمية تفسر بعض التعابير التقنية وتستخدم كتفسير للنص . وهذا هو مطلعها :

بداية سر الطبيب : معرفة مسير القلب (= فيزيولوجيا) ومعرفة القلب (= تشريح) . توجد اوردة تسير من القلب الى كل عضو . اما الشيء الذي يضع يده عليه كل طبيب او كل كاهن « سكمة » (SeKhmet) أو كل ساحر ، سواءٌ في الرأس أو في الرقبة أو في اليدين أو حتى فوق القلب او في الذراعين او في الفخذين او في اي مكان من الجسم فانه يشعر بشيء من القلب لان الاوردة تذهب من القلب الى كل الاعضاء ومن الاعضاء الى القلب » (E , 854) .

ونسجل لصالح المصريين هذه الملاحظة ان القلب يظهر من خلال « كلامه » اي وهو يضرب بحسب وتيرة تتجلى من خلال النبض ـ ولكن المصريين لم يفكروا في عد خفقات القلب [؟] ولكن في القرن الثالث فقط قبل عصرنا قام اغريقي من اصل مصري ، هو « هيروفيل الاسكندري » بعدِّ نبضات القلب مستعملاً ساعة مائية ، ذات حجم صغير . وحول طبيعة الاوردة والشرايين تبدو النظريات المعروضة هنا مذهلة . فقد كان عددها 46، (ومدرسة اخرى تقول انها 22 فقط)وكانوا يعتبرونها مجاري مجوفة مملوءة بالسائل وبالهواء وبالنفايات . ومن بين السوائل الدم الموجود في شرايين المنخرين وفي الصدغين : « هناك اربعة اوردة داخل التجويف الأنفي : اثنان منها يعطيان المخاط واثنان يعطيان الدم . ويوجد 4 اوردة داخل الصدغين : وهي التي تعطي الدم للعينين وعن طريقهما يحدث كل مرض للعينين لانهما ينتهيان في العينين (E . 854) وتتوافق الاوردة الى حدٍ ما مع الشرايين ومع الاوعية التي تأتي بالدم الى القلب لاننا إذ عندما نضع اصبعنا عليها نستطيع لمس النبض وتقلص العضلة القلبية .

ولكن الاوعية تحتوي على سوائل اخرى : فهي التي تنقل ، بحسب الجهة التي تتجه اليها ، الدموع او المخاط او البول او المني : « وهناك وعاءان يذهبان نحو المبولة : وهما يعطيان البول ، وهناك اوعية تتجه نحو الخصيتين وهي التي تعطي المني » (E , 854) .

واوعية الكبد 4، تحتوي الماء والهواء. وكذلك اوعية الرئتين والطحال ، من اين يأتي هذا الهواء الذي تنقله الاوعية التي تذهب من القلب ؟ من الخارج حتماً . هذا ما يشرحه تفسير : « يدخل الهواء في الانف ثم يتسرب الى القلب والى الرئتين اللتين توزعانه في كل انحاء الجسم » . (E, 855) نقطة الانطلاق اذن صحيحة . ولكن أي فكرة غريبة هذه ، وهي افتراض ان القلب يستخدم كوسيط بين الانف والرئة ، وهناك اوعية اخرى تنقل حتى المخرج بقايا الحريق المتأتي من مختلف اجزاء الجسم : « هناك اربعة اوعية تُفتح في المخرج وهي التي تأتي اليه بالماء وبالهواء. والمخرج هو نهاية كل وعاء في الجنب الايمن وفي الجنب الايسر ، وفي الذراعين وفي الجنبين (وفي كل وعاء) مثقل بالبقايا » (E 854) .

وعدا عن الدور السري جداً الذي تلعبه الاوعية في النظام الوعائي ، تحتل هذه الاوعية اذاً وايضاً ما نسميه نحن المجاري مثل القناة الدمعية وقنوات البول وقناة التفريغ او النقل ـ الخ . وفي حين ان لكل من هذه المجاري نقطة انطلاق مختلفة تحددها وظائفها المتنوعة ـ القنوات التي تفرز البول مثلاً توصل الكليتين الى المبولة ـ اعتقد المصريون ان كل الاوعية كانت تنطلق من القلب : « يوجد اوعية في القلب تذهب الى كل عضو » هكذا قرأنا اعلاه ، وكان القلب يعتبر المركز المحرك والقائد الذي يوزع بواسطة الاوعية ، القدرة ويؤمن بدقة مسار الآلة البشرية بشكل منتظم .

الامراض الداخلية والمجاري التنفسية : ـ نظراً لعدم ثبات معارفهم التشريحية ، وبسبب الفكرة التي كونوها عن مسار القلب وعن دور الاوعية لم يستطع المصريون الا التلمس وهم يفحصون ويؤسسون معالجة الامراض التي تصيب مختلف الاحشاء. وهكذا خلطوا تحت اسم سيما Sema ـ وترجمتها الرئة ـ كل الاعضاء في الجهاز التنفسي مثل الحُنْجرة ، الشعب ، والقصيبات والتجويفات الرئوية .

اما الامراض التي يشيرون اليها دون ان يوضحوا طبيعتها فهي في معظمها التهاب الحنجرة والتهاب الجيوب ، من دون الامراض التي تصيب الرئة بالذات . والمؤشر المشترك بين كل هذه الامراض هو السعال ـ فالسعال هو الذي يتسبب بالفتاق ، بحسب ملاحظة جيدة وردت في « بابيروس ايبرس » (E , 864) . ونظراً لعدم وجود معلومات عيادية ، نجد على الاقل في بابيروس ايبرس ذكراً لواحد وعشرين دواء للسعلة .

اما « بابيروس برلين » من جهته فذكر 18 دواء ، وقد افرد مكاناً خاصاً للعسل وذكره اثنتي عشرة مرة ، وذكر ايضاً الزبدة 9 مرات والحليب 7مرات .

وهكذا : « دواء لإزالة السعال : « زبدة مغمورة بالعسل . يأكل منها المريض طيلة 4 ايام » (B . 31) ـ .

ـ وهناك دواء آخر : « حليب البقر والخروب يوضعان في اناء فوق النار كما لو كنا نشوي الفول . وعندما يتم الطبخ يمضغ المريض الخروب ويبلعه مع الحليب لمدة 4 أيام » (E 314) .

وقد عرف المصريون ادوية اخرى اكثر فعالية عن طريق الاستنشاق : « دواء آخر : المد وهو صمغ ذو رائحة طيبة ولب البلح (باجزاء متساوية) نطحنه كتلة واحدة. ثم تأتي بسبعة حجارة ونحميها على النار ، ثم نضع الدواء فوق احدها ، وتغطيه بوعاء جديد قد ثقب اسفله . ثم تضع الجذع الفارغ من قصبة في هذا الثقب ثم تضع فمك ، على هذا الجذع بحيث انك تستنشق البخار وهو يتصاعد . ثم تكرر العملية مع الاحجار الاخرى الستة . وبعد ذلك تأكل طعاماً دسماً مثل اللحم والدهن أو الزيت » (E 325) .

ونلاحظ هنا فعل « استنشق البخار » بدلاً من تنفس : هل شعر المصريون بوجود علاقة بين السعال والمعدة ؟ فقد لوحظ من جهة اخرى ان هذا الدواء اخذه « ديوسكوريد » (القرن الأول) وقد وصل الينا . وكذلك المعالجة التي قوامها تغذية المريض باللحم والشحم والزيت وهي ما تزال متبعة اليوم .

اما الامراض الخاصة بالرئتين مثل الخراج والاحتقان والالتهاب والسل الرئوي ، فلم يستطع المصريون اكتشاف وجودها . وإذا كانوا قد عالجوا هذه الامراض ، فبدون ان يعرفوا لأن السعال يمكن ان يكون مؤشراً عيادياً لعدة امراض ـ والمعالجة بالغذاء الجيد تقع في مكانها الصحيح هنا .

الجهاز لهضمي : ـ 1 ـ نجد في « بابيروس ايبرس » معالجة صغيرة قديمة العهد جداً (صعبة التفسير) عنوانها : « تعليمات للعناية بوجع البطن » هذه التعليمات وعددها حوالي عشرون موجهة الى اطباء ممارسين يسترشدون بها في فحص المريض ، وفي اجراء تشخيص واختيار العلاج . خمسة من

الحالات المعروضة فقط تتعلق فعلاً بامراض المعدة . مثل مضايقة في الحامض المعدوي ، تمدد المعدة ، سرطان المعدة ، النزف الذي كان يمكن ان يعتبر دليل قرحة ، مضايقة تتعلق بحمى المعدة مقرونة بعوارض صفراوية .وفي حالات اخرى هناك أمراض مثل: زكام ، كوريزا (زكام الدماغ) Coryza ، سعال ، التهاب الصدر ، السكر . . الخ ، وهي امراض ليس لها في نظرنا أية علاقة بالمعدة . ولكن ـ كما سبق القول بخصوص السعال ، توجد علاقة بين المعدة وهذه الأمراض في نظر الأطباء المصريين ، علاقة تفوتنا .

والتعليمات المتعلقة بوجع المعدة المحموم تتضمن ، عدا عن فائدتها الخاصة تعليمات تدخل في النطاق العيادي . وهي ثمينة بمقدار ما هي نادرة : « ان انت فحصت مريضاً بالمعدة ، يشعر بانه ثقيل لا يستطيع اكل اي شيء، رغم انقباض بطنه وقلبه بحيث يشعر بعدم القدرة على المشي ، ويشبه في ذلك رجلاً يعاني من التهاب في المخرج ، عندئذٍ يتوجب عليك ان تفحصه وهو متمددٌ ـ وان وجدت جسمه محتراً وفيه ضيق في المعدة تحكم بشأنه انه مريض بالكبد ـ وعنئذٍ تلجأ إلى دواء الاعشاب السري والذي اعتاده الطبيب في مثل هذه الحالة : نبتة (باخ ـ سيرت) Pakh — Seret ثم بذور البلح . وبعدها يعجن ويصفى بالماء ثم يشرب المريض اربعة مرات كل صباح على التوالي وبعدها تتفحص معدته من جديد » .

وهذا الفحص الاول مع تشخيص ووصف دواء يكرر فيما بعد ، اي بعد 4 أيام بفحص آخر متضمناً تشخيصاً آخر ثم فحصاً ثالثاً يمكن بعده التثبت من الشفاء : « فإذا تم ذلك ، وان وجدت تيارين في جسده بحيث يكون نصفه الايمن حاراً ونصفه الايسر بارداً تقول بهذا الشأن : ان المرض يمتد وانه يأكل . وعندها يجب عليك ان تراه من جديد ، فإذا وجدت جسده رطباً ندياً تقول : إن كبده لم يعد مسدوداً وقد نظف . ويكون المريض قد قبل الدواء » (E 188) .

2 ـ وفي القسم الثاني من الجهاز الهضمي والامعاء هناك ذكر لدزينة من الوصفات في بابيروس ايبرس . الامساك بصورة خاصة هو ما انصبت الاطباء على معالجته . ومن وصفاتهم الطبية ادوية بسيطة وطبيعية لتسهيل المعدة مثل الخروع والعسل والزيت والبيرة . وهكذا : « دواء لاراحة المعدة وازالة الوجع فيها : حبوب الخروع . تمضغ وتبلع مع البيرة الى ان يخرج كل ما في المعدة » (E . 25)، والشيء الغريب الزحار والزنطارية الكثيرة الحدوث في مصر ، ولم تستلفت انتباه واضعي البابيروس . بالمقابل هناك العديد من الفقرات في بابيروس ايبرس تعالج دودة الامعاء وخاصة الخرطون = (اللومبريك lombric) والتينيا ténia والادوية المضادة للدود والموصوفة تؤخذ عموماً بشكل شراب مع بيرة أو زيت» وبعضها يؤكل او يمضغ بشكل معجون عسلي وبصورة استثنائية لم يكن الدواء المؤلف من النباتات يبلع بل كان يؤخذ كضمادات توضع تحت معدة المريض وتربط برباط .

3 ـ وثقب المخرج كان موضوع عناية من قبل متخصص كان يسمى حارس المخرج . هناك ثلاثة وثلاثون مقطعاً في « بابيروس ايبرس » وبعض المقاطع في « بابيروس برلين » ومعالجة كاملة نقلت الينا في بابيروس مجموعة شستر بيتي Chester Beaty، وكلها مخصصة لامراض المخرج ومن بينها البروستات والورم المخرجي . وهما الوحيدان اللذان يمكن التعرف عليهما . اما الملاحظات الاخرى

الواردة في هذه المخطوطات فتتعلق لا بامراض بل بدلائل : الثقل ، حرارة ، واحمرار المخرج ، والالم والورم الخ .

والادوية تعطى بعدة اشكال . تشرب او تؤكل ، (بمعونة البيرة لتسهيل البلع) . وتستعمل ايضاً كتحاميل وكمادات عشبية ، وغسيل يحفظ طول الليل وضمادات . وهناك تحميلة توضع في المخرج لشفاء البروستات كانت تدهن بحسب بابيروس ايبرس بدواء مؤلف من اللبان او البخور (اوليبان Oliban)، ومن صمغ التربانتين térébinthe ومن مادة عطرية ومن « السااليري céleri» ومن الكريندر coriandre ومن الزيت والملح . وها هي بحسب ذات البابيروس تركيبة تحميلة : « دواء لازالة الحرارة من المخرج ومن المبولة ، مع وجود ارياح لا يشعر بها المريض : نبتة « ايبو Ebou »، ملح ، بطيخ ، عسل (باقدار متساوية) تعجن مرة واحدة ويضع منها تحميلة توضع في المخرج » (139 E) .

4 ـ وعن الكبد لم يرد ذكر كثير في البابيروس الموجودة بين ايدينا ، وهي كانما تتجاهل تشريح هذه الغدة واهمية وظائفها ، وخاصة وظيفتها الصفرائية .

رأينا اعلاه ان الكبد جعل مسؤولاً ـ بعبارات غير واضحة ـ عن مرض المعدة . ولمعالجة اي اصابة تتعلق به ، ومن دون شك القرحة ـ يعطى المريض ادوية مؤلفة بصورة اساسية من الاثمار ، ومن بينها بالدرجة الاولى التين .

المجاري البولية ـ لا يشير الطب المصري اطلاقاً الى الكليتين . انهما وعاءان يذهبان الى القلب ويقودان البول الى المثانة . وقد عثر في بابيروس ايبر على ادوية لمرض يسمى حصر البول اي حبسه ودلائل هذا المرض واضحة : آلام في اسفل المعدة واستحالة التبول . ولكن اسباب هذه الحالة ، التي قد تنتج عن وجود امراض في المجاري البولية ، او عن وجود انتفاخ في البروستات ، المصريون التزموا الصمت حول هذا . والادوية المقترحة هي على العموم اشربة مصنوعة من النباتات والاثمار المنقوعة بالماء وكانوا ايضاً يستعملون بعض المراهم يدهنون بها القضيب . .

اما سيولة البول (بما فيها ارتخاء البول عند الاطفال) فيعالج ضمن ما يقارب من اثني عشر مقطعاً في بابيروس ايبر حيث ينصح بادوية مؤلفة في معظمها تقريباً من مواد نباتية .

وهناك امراض اخرى بالمثانة او في مجاري البول ذكرتها البابيروس الطبية .

من ذلك : دواء لازالة الاحساس بالحريق في المبولة ، في حين يشعر المريض بالاوجاع وهو يتبول : ملح الشمال ، مع الزبدة وزيت البن والعسل والبيرة اللطيفة تحقن في المخرج » (E , 265) . انها هنا حالة مرض التهاب المثانة (السيستيت) Cystite aigüe الحاد . وهناك وصفة اخرى لازالة الوجع العنيف اثناء التبول » (B , 143) وهذا الدواء لمعالجة التهاب المجاري البولية الحاد . وتشير البابيروس عدة مرات الى التبول الدموي ، وهي في اغلب الحالات من علامات البلهارسيا ، وهي مرض شائع في وادي النيل وغالباً ما يسمى زحار مصر .

وهناك حوالي عشرين دواءً مؤلفة من المراهم وغيرها مذكورة في بابيروس ايبر . « من اجل ازالة الزحار الطفيلي (المسمى اعا âaâ) في المعدة وفي القلب » (E , 221). هذه الاشارة الى القلب يجب

ان لا نستغربها نظراً للعلاقات المفترضة بين عضلات القلب والمثانة . اما بابيروس برلين فيعالج بصورة اكثر تركيزاً التبخير او التطهير . فهو يدعو الى دواء عجيب (B , 60) مأخوذ حتماً من وصفة ساحر : بول ولد غير بالغ ، وإذا كان الاطباء يعتمدون مثل هذا الدواء فلأنهم لاحظوا ان ادويتهم عاجزة عن شفاء مرض يقول بابيروس ايبر ان سببه إله او موت انسان في بطن شخص » (E , 99) .

الرأس او الجمجمة ـ كان المصريون يعرفون بصورة افضل الاقسام الخارجية من جسم الانسان . ولهذا عرفوا جيداً الرأس اي الوجه والجمجمة ، مع ما فيها من اجزاء، في اعلاها وفي القذال والشعر . وقد اكتشف المصريون القرعة وعرفوا حشو الدماغ والنخاع الشوكي . وفي ما يتعلق بوجع الرأس او الصداع وصفوا الدهونات والفرك والعَصْبة ولم يصفوا اي دواء داخلي . وكان عندهم وصفات خاصة للشقيقة او الوجع في جهة من الرأس . من هذه الوصفات (E . 250). فرك الرأس المريض بواسطة جمجمة سمك السلور silure (الجري) . وهكذا ينتقل وجع الرأس من الانسان الى رأس السمكة .

وكان المصريون منتبهين لامراض الجلد المشعر ـ فكانوا يعالجونه بالدهون ، ومنها قشرة الخروع . وبذور نفس الشجيرة اذا طحنت وحولت الى زيت تعمل على حفظ شعر المرأة كثيفاً . وهناك ادوية اخرى ورد ذكرها في « بابيرس ايبرس » لمحاربة الصلع وهو مرض شائع في مصر القديمة . اذا نظرنا الى المومياء وخاصة مومياء الملوك (. امينوفيس الثالث ، ورعمسيس الثاني ، والملكة نيفيرتاري : Néfertari، كلهم كانوا صلعاً) .

واغلب هذه الادوية تحمل على الابتسام ، واحدها مرهم مؤلف من مختلف الشحوم : شحم الاسد شحم الايبوبوتام hippopotame، والتمساح والهر والحية الخ . ودواء آخر تركيبته ، كما يقال ، تعود الى ايام حكم تيتي (السلالة 6) وهو مرهم من بزر البلح ، وارجل الكلب ، وحافر حمار ، مقلية بالزيت . وكلها بالطبع ادوية غير فعالة .

وهناك مرض آخر رهيب : « تساقط الشعر بالهواء » كان يعالج بادوية منها دواء يجمع بين السحر والصيدلة ، وهو دليل على قلة الايمان بالأدوية .

وبعض الوصفات لبياض الشعر ، وكانت تعتمد على السحر في فعاليتها . ومنها هذا الدواء الذي يزيل حتماً بياض الشعر ويقوي الشعر : دم ثور اسود يمزج بالزيت ويدهن به الرأس (E 459) .

ولكن علم ومهارة الجراحين سوف تنسينا مزاعم الاطباء العقيمة . فهناك عشر حالات ، من اصل 48 حالة معروضة في « بابيروس سميث »، تتعلق بجروح الجمجمة . بعضها سطحي يصل حتى العظم انما دون ان يمسه : « انه مرض اعالجه » يقول احد الاطباء (S . 1 و 2). والضماد يكون لحماً طازجاً ثم رباطاً مبللاً بالدهن والزيت. هذا الدهون يكفي لشفاء الجرح بعد أن يكون الطبيب قد جمع شفتي الجرح بواسطة ضمادتين كالملقط . الا ان الجروح الاكثر خطورة تكون فيها الجمجمة قد شقت . يقول الطبيب : انه مرض احاول معه ، انه غير ميؤوس منه ولكني لا اضمن النجاح (S 4) .. ويكتب على معالجة ميكانيكية بدون ادوية : يجب على المريض ان يبقى جالساً تحمله سنادتان من القرميد تمنعانه من الحركة . فان عاش يسرع الشفاء بدهن رأسه بالزيت وكذلك رقبته وكتفيه .

ونشير الى كثرة جروح الرأس بنتيجة الحروب واستعمال الاسلحة ، خاصة الجمجمة والوجه .

في احدى المعارك ضد الهكسوس Hyksos وقع الملك سكينانري Séqénenrê وبرأسه خمسة جروح كل واحد منها كان يكفي لموته .

الوجه ـ يتضمن الوجه سبعة ثقوب : المنخرين ، الاذنين ، الفم ، العينين .

1 ـ لا يكرس بابيروس ايبرس للانف الا ثلاثة مقاطع منها اثنان يتعلقان بالكوريز coryza(السيلان الانفي) ، والثالث يتعلق بالعطس الذي تسببه الكوريزا .

احدى الوصفات نصف سحرية ونصف اجزائية تبدأ بتعويذة ساذجة : « اسمعي يا كوريزا يا بنت كوريزا أنت التي تكسرين العظام وتحطمين الجمجمة، وتخضين الدماغ، وتمرضين ثقوب الرأس السبعة التي هي خدم رع Rê وعابدة « ثوت » ها قد جئتك بدواء خاص مرهم يقضي عليك : حليب امرأة ترضع صبياً وعطر . . . . » (E . 763) .

اما جروح الانف فكانت من شأن الجراح . فهو ملزم بتجبير كسر غضاريف الفاصل الانفي . ويوصي بابيروس سميث بهذه الوصاية : « تنظف انف الجريح بضمادتين من قماش . وتضع ضمادتين من القماش مبلولتين بالزيت داخل منخريه . ثم تضعه عند مستنده (= اي تتركه على نظامه المعتاد) حتى يذهب الورم وبعدها تطبق كتلتين قاسيتين من النسيج لتقويم انفه بحيث يبقى هكذا ثابتاً ثم تعالجه بالزيت والعسل وضمادة من النسيج النباتي الى ان يبرأ » .

2 ـ وكانت الاذن تحتل مركزاً كبيراً في كتب الطب لان المصريين كانوا يعتقدون ان نسمة الحياة تدخل في الأذن اليمنى ونسمة الموت في الاذن اليسرى (E . 854) الا ان البابيروس يكتفي ببعض الوصفات لتسهيل خروج بقايا الالتهابات من الاذن (بابيروس ايرس) او الاوجاع اللاسعة الدالة على التهاب الاذن الحاد (بابيروس برلين) . اما عن الطرش فلا ذكر له في هاتين المجموعتين . وإذا كانت اولاهما تقترح مرة واحدة دواء للاذن التي لا تسمع (E 764). فهو دواء تافه : ضمادة من زيت البن . لا شك ان الطرش مثل الصلع كان يعتبر من الامراض المستعصية .

3 ـ وكانت العناية بالفم من اختصاص الاختصاصيين اي اطباء الاسنان الذين اشار اليهم هيرودوت hérodote . ولكن وجودهم يدل عليه منذ الامبراطورية القديمة . وكان اطباء الاسنان ، كما تدل الدراسة على المومياء يعالجون اشياء كثيرة مثل خراجات اللثة والسوس والتهاب اللثة ، وهي امراض كانت نادرة في العصور القديمة ولكنها كانت كثيرة في الطبقات الغنية وخاصة بعد نمو الحضارة والرفاهية . وكانت الاسنان المنخورة بالسوس تسد بمعجون من معدن حجري موجود في ارض النوبة ويشبه الصلصال المتحجر . وكان يعجن مع الصمغ المعطر والعسل والماء .

وعدا عن رصرصة الاسنان كان الاطباء الجراحون يقومون باعمال دقيقة نوعاً ما : فقد وجد في احد اضرحة الجيزة سنان مربوطان الواحد مع الآخر بخيط من ذهب . وكان الجراح يأمل بدون شك تثبيت سن في محله بعد ان زعزعه التسوس وذلك بربطه في جاره ربطاً متيناً . ووجدت في جثة اخرى اسنان داخلية (الطواحين) مثقوبة بثقبين بقصد سحب الخراج الموجود في قاعدة الطاحن الاول .

هل كان اطباء الاسنان المصريون يقلعون الاسنان ؟ ليس لدينا بهذا الشأن اي دليل من العصر القديم ولكنا نعلم ان خلفاء الاطباء الفرعونيين مارسوا خلع الاسنان بواسطة الملقط الحديدي ، بعد ان يكونوا قد وضعوا على خد المريض مخدراً اساسه الخربق Ellebore او دهن جذر الضرس بمسك

مصنوع ، مع غيره من المسكنات من المالا باثرونكا Malabathron وفي قسم منه من القنطريد Cantharide. واذاً فالعملية كانت تتم بدون الم .

واكثر من نصف الوصفات ، في بابيروس ايبر تدور حول اللثة . وهي ليس لها اسم خاص في اللغة المصرية القديمة وهي مخلوطة في اللغة الدارجة مع الاسنان ، ما لم تكن تعتبر كانسجة طرية . وقد ورد في عدة مواضع ذكر لخراج الاسنان ، وكان الطبيب يسعى لازالته بإعادة تثبيت الانسجة الطرية اي اللثة (746 E) . وهذا الالم لا يمكن حصره بمكان في الاسنان بل في اللثة . وربما اصاب كل الفم ومن ذلك يتبين ان امراض الفم كانت عندهم تختلط بامراض الاسنان .

العين - 1 تعتبر امراض العين كالرمد وغيره من اهم الامراض في مصر . فالحرارة والنور والغبار والذباب كلها تسبب هذه الامراض . وكان اطباء العيون كثيرين في العصر الفرعوني . وكانوا يتمتعون بشهرة تتجاوز حدود مصر . ويتضمن مبحث العيون الوارد في « بابيروس إيبرس » حوالي مئة وصفة كلها بدون فائدة . ولكنها تسمح بالحكم التقريبي على مدى علم اطباء العلوم في مصر القديمة . ونقول في الحال انهم اذا كانوا قد عرفوا امراض الحدقة ، وبياض العين وامراض الجفن والهدب والحاجبين ، فقد كانوا يجهلون كل شيء تقريباً عن العين الداخلية . ولم يكن عندهم علم ، على ما يبدو بالقرنية وبالملتحمة ولا بحجر العين او الجسم الزجاجي والشبكية وعصب العين . ومع ذلك فقد عالجوا عدداً من الأمراض التي ليس لها تسمية تشريحية نظراً لانعدام اي تشخيص ، ولكن عرفت بنوع من الوثوق . لا يوجد شك حول امراض الجفنين مثل (بليفاريت) blépharite ciliaire او تساقط الهدب والتريشيازيس : Trichiasis، والاكتروبيون ectropion.

وكانوا يعالجون البليفاريت بالمراهم وبالقطرات السائلة . وكانت الادوية تتألف بصورة اساسية من اللبان الاوليبانoliban، ومن كريزوكول chrysocolle، ومن طحين كولوكانت » Coloquinte ومن اوراق الاكاسيا acacia.وهذه هي الطريقة في اعطاء هذه الادوية سنداً لبابيروس ايبرس : توابل تنقع بالماء ليلاً حتى يغمرها ندى الصباح ، وبعدها تصفى . ثم توضع كضمادات على العين طيلة 4ايام . وهناك اسلوب آخر في استعمال الادوية:تدخل القطرة بواسطة ريشة نسر (339 E) .

اما بالنسبة الى التريشايازيس trichiasis ، فكان وضع المرهم على اطراف العين يتم وفقاً لطريقة ما تزال مستعملة حتى اليوم وبعدها تستخرج بصلة الهدب . وكانت هناك معالجة تتم بالدهن : دواء آخر : تؤخذ صفراء العصفور وتدهن بها ريشة ، ثم يوضع الدواء فوق الهدب بعد اقتلاعه (428 E) . اما الاكتروبيون ectropion، وهو مرض شائع في مصر وكان يسمى « قلب اللحم » فكان يعالج بتوابل خاصة قابضة : دواء لإزالة قلب لحم العين : كريزوكول chrysocolle، صمغ التربنتين Télébinthe عقدة صفراء. يطحن ويوضع فوق العين المريضة (421 E) .

2 - في الدرجة الاولى من الامراض التي تصيب الملحمية هناك الرمد الحبيبي ، والتراخوما trachome الذي يسمى ايضاً رمد مصر . وكان هذا المرض يعالج لكثرة انتشاره بادوية هي في مجملها طبيعية ومدروسة : « دواء لازالة التراخومة من العين : صفراء السلحفاة مع لادانوم ladanume . يوضع في العين (350 E). دواء آخر : كالين Galéne، عقدة صفراء تراب من النوبة ناترون Natron احمر يوضع فوق ظاهر العين اي فوق الجفنين (346 E) . ونذكر بعدها مرض بتريجيون ptérygion ويتميز بورم الملحمية وله عدة ادوية . احدها يلصق في زوايا العينين (412 E) ، وهو المكان الطبيعي

لهذا المرض .

وهناك مرض آخر يصيب الملحمية ويسميه بابيروس ايبرس، (354) الشحم في العين . وربما يدل هذا التعبير على الخراج الاصفر تحت الملحمية ، ويسميه اطباء العين . بنكي ـ كولا pinguicula.

ونذكر ايضاً الجروح التي تصيب الملحمية كما تصيب بياض العين والكوروييد . la choroïde. وتعالج بالحمامات والمراهم وبالضمادات . وتدوم المعالجة عدة ايام .

ويبدو ان انسان العين الذي به ينتهي الكوروييد لم يكن مجهولاً عند المصريين رغم انه لم يذكر باسم خاص . وعلى كل كان الاطباء يعالجون المرض المتعلق بانسان العين او بـالقزحيـة ومرضـاً آخر نسميه ميدرياز mydriase، ويعني تحجر القزحية مما يؤدي الى تمدد البؤبؤ بصورة مستمرة . والـدواء لتقليص قزحية العين : قشر الابنوس وحامض الزرنيخ من مصر العليا ينقع بالماء ثم يوضع على العين في اغلب الاحيان (345 E) .

3 ـ ومن بين الامراض التي تصيب المواضع الشفافة في العين مثل القرنية والمحجر هناك مرض اللوكوميا leucomes [بقعة بيضاء فـوق القرنيـة] ومرض الكـاتاركت cataracte [تكثف في عـدسة العين].

ويعالج « العمش الابيض » إذا غطى القرنيـة بدهـون او برشـوش تكون غـالبـاً معـدنية مثـل الصوان وغيره من الاشياء التي لا تحدث مفعولاً كبيراً . ولهذا يُلجأ عادةً في مثـل هذه الاحـوال الى السحر . ويمزج عادة السحر مع الدواء حتى يمنع صعود الماء الى العين (385 E)، (الكاتاركت) (اي بياض العين) ما دامت الادوية المذكورة في سجل الادوية تبدو غـير فعالـة . ولم يكن المصريـون هم الذين عالجوا بياض العين بالجراحة بل اليونانيون .

4 ـ رغم ان امراض الشبكية لم تكن معروفة مثل امراض المحجر ، فقد لاحظ المصريون بعض حـالات العين في وضـع يدل عـلى مرض الغشـاء وهو مـا يسمى بـ هيمارالـوبي héméralopie وهذه الامراض تصيب بالعمى في الليل من يصاب بها . وتعرض البابيروس الطبية كدواء لهذا المرض علاجاً يستحق انتباهنا ؛ وهذا وصفه كما ورد في بابيروس لندن الطبي رقم 35: كبد ثور يشوى فوق نار من جذع سنابل القمح او الشعير ويتشبع بالبخار الصاعد منها : ويعصر الماء فوق العين . واليوم تعـالج الهيـمارالوبي héméralopie بكبـد نيء ومستحلب الكبد الغني بفيتـامين A . وتلف الشبكيـة وعصب العين مسؤول ايضاً عن حالات العمى الكامل . والادوية المطروحة بدون فعالية تبقى بدون اثر وعندها يعاد الى السحـر . من ذلك التـوصية بحقن اذن الاعمى بمـاء مستخرج من عيني خنـزير . والقصـد منـه إحـلال عنصر سليم محل عنصر مريض . والحقن يتم عن طريق الاذن لان المصريين كانـوا يعتقدون بـوجود رابط بين الاذن والعين لان نفس الاقنية تغذي العضوين . وكان العمى يعتبر قصاصاً إلهياً :وقد قرىء على لوحة الضريح : اني رجل اقسمت كاذباً باسم باث ptah إله الحقيقة فأراني الظلام في وسط النهار . اليس خير دواء لهذا التعيس هو دعاء الله الذي ضربه ، حتى يسامحه على خطيئته ويرد له نظره ؟

الطب النسائي ـ : تعالج كل الاوراق الطبية امراض النساء. وهو موضوع مهم بصورة خاصة في مصر القديمة حيث الزواج المبكر والحمل المتكرر والعناية الصحية السيئة والعمل المتعب عند الحمل كل ذلك يعرض المرأة لعوارض خطيرة :

1 ـ منها التهاب الرحم ويبدو انه كان كثيراً وكذلك الانحرافات فيه . يشير بابيروس ايبرس الى نوع من اللولب . وقد يلجأ الى ضمادات توضع فوق السرة او الى مشدات غريبة او وصفات : « براز الانسان اليابس يوضع مع صمغ تربانطين وتبخر به المرأة (793 E) ، « وقطعة من الشمع توضع فوق فحم بحيث تدخل الدخنة في مهبل المريضة » (795 E) . وتسمى الالتهابات بعلاماتها الرئيسية ، شعور بالحريق في المهبل ورم في عنق الرحم . والعلاج واحد الحقنة في المهبل .

ولكن تركيب دواء الحقن متعدد ، فمن اجل الحصول على تقلص الرحم كانت الحقنة مؤلفة من صمغ التربنطين ومن السليري céleri المجبول بحليب البقر ـ او حقنة القنب chanvre المطحون مع العسل . او عصير بعض النباتات او عصير بعض الاثمار .

ويتميز سرطان الرحم برائحة يصفها « بابيروس كاهون » برائحة اللحم المشوي وكان العلاج هو علاج تجانسي : يسأل الطبيب المريضة ماذا تشمين ؟ فان قالت اشم رائحة اللحم المحروق يقول لها تبخري برائحة اللحم المحروق (2 K) . ومن المعلوم ان هذا الدواء بدون مفعول .

وقد جهل المصريون دور المبيضين . (ولم يكن « ايبوقراط » اعلم منهم بهذا الشأن .) ولكنهم مع ذلك اشاروا الى اضطرابات في النظر اثارتها العادة الشهرية الصعبة مثل التهاب القرنية او المحجر او البؤبؤ . . . والعلاج هو بالتدخين وبالحقن ، ويضيف اليها بابيروس سميث مرهماً ورشوشاً .

2 ـ ولا يقدم بابيروس ايبرس الا القليل من المعلومات الغامضة حول امراض الثدي . ومن الوصفتين الواردتين فيه واحدة فقط لها صفة الدواء اما الثانية فهي تعويذة . ويشير بابيروس برلين الى ورم ولكنه لا يحدد طبيعته ـ ضغط في الثدي بسبب احتقان الحليب ، ورم بسبب التهاب حاد ، ثم ورم تافه او خبيث . والضمادات التي توضع فوق الثدي المريض هي من الطحين ولا يمكن ان تحدث اي اثر الا بعد المص او الرضاعة .

3 ـ وقلما يرد ذكر الادوية ضد الحمل في هذه الاوراق ـ يشير بابيروس برلين (192) الى التبخير الذي يمنع المرأة من الحمل . ويشير بابيروس ايبرس الى الوسيلة التي تمنع المرأة من الحمل طيلة سنة او سنتين او ثلاث سنوات ـ مثل هذه الوسائل لم تكن تستعمل الا بصورة استثنائية لان المصريين كانوا يحبون الاولاد كثيراً . فاذا تأخرت المرأة عن الحمل توجهت الى ميت وطلبت مساعدته قائلة ليكن السماح لابنتك سح Seh بالحمل . هذه العبارة وجدت فوق جسم تمثال صغير يمثل شابة عارية من المحظيات ولكنها تحمل طفلاً بين يديها ، وكانت النساء تهتم قبل الولادة بمعرفة نوع الجنين : ذكر ام انثى .

وحفظت الاوراق الطبية سلسلة من الفحوص الغريبة ، بعضها انتقل الى الطب الاغريقي وحتى الى العادات الشعبية في بعض بلدان الغرب . فالفحص عن طريق البول مشهور : كوسيلة لمعرفة الحمل او عدم الحمل . [يوضع شعير وقمح في كيسين من القماش] . « وترطب الكيسين ببولها كل يوم . او تضع بلحاً ورملاً في الكيسين . فان طلع القمح والشعير معاً فهي حامل . وان طلع الشعير اولاً فهو صبي وان طلع القمح اولاً فالجنين بنت . وإذا لم يطلع لا القمح ولا الشعير فهي غير حامل » (199 B) .

وهذا اسلوب آخر غير معروف كثيراً وهو يتعلق بحمل السيدة لا بنوع الجنين : « هناك وسيلة اخرى للفحص تتعلق بذات السؤال : تقف المرأة في مدخل الباب . وتتعلق بسيارهِ . فاذا بدت عيناها واحدة مثل عينين الآسيويين ، والعين الاخرى مثل عين النوبي فهي غير حامل . واذا بقيت عيناها متشابهتين مع اي منهما فهي حامل » (198 b) .

وهذه ايضاً وسيلة اخرى مأخوذة عن بابيروس كارلسبارغ (n° 4) وذكرها « ايبوقراط » في كتابه عن النساء العقيمات : «[وسيلة لمعرفة حمل المرأة] تضع حص ثوم في مهبلها طيلة الليل حتى الفجر فان انتقلت رائحة الثوم الى فمها فهي حامل وان لم تنتقل الرائحة فهي لن تحمل ابداً » .

4 ـ ولا وجود لوصف الولادة في الأوراق الطبية . الا ان بابيروس ابرس (Ebers) يعطي بعض الاشارات والتعليمات : تقرفص المرأة عارية فوق وعاء واسع . وتحقن بسائل فاتر الحرارة فيه (مسحوق اناء من الفخار مع قليل من الزيت) ؛ او شراب (من خمر البلح مع الملح والزيت) . يؤخذ وهو بدرجة حرارة اليد . ان ذلك يساعد على خروج المشيمة والماء . وهناك ادوية اخرى: مثل المراهم والتدليك ، والضمادات والكمادات ، والتحاميل في المهبل من اجل التعجيل في الولادة او اخراج الخلاص كاملاً . واذا كانت الولادة صعبة فلا بد من اللجوء الى الاساليب العنيفة ، كما تدل على ذلك مومياء شابة حوضها ضيق بشكل غير عادي ، عندها لا بد من احداث شق ثم سحب الولد بالقوة . وهناك حفر بارز من ايام البطالسة،يزين سطح معبد ايرمانت Erment وقد زال الآن ، وهو يمثل مشهد ولادة ، تجلس الولادة التي توصف بانها ام رع Rê عارية على الارض مثل اي بشر (راجع اللوحة 9) وافضل من هذه الصورة النافرة هناك صفحة في « بابيروس وستكار » تصف لنا معدات الولادة والمراحل المتتالية لولادة ثلاثية التوائم .

وتتلقى آلهةٌ تقوم بوظيفة المولدة المؤسسين الثلاثة ، المستقبلين للسلالة الخامسة : « عندها جلست « إزيس » أمام الواضعة ، وجلست نفتيس Nephthys وراءها واخذت هيكت Heqet تسرع الولادة . . . وانزلق الولد بين يديها . . . وغسلتاه بعد ان قطعت له حبل المشيمة وبعدها وضع ضمن اطار من القرميد » . ووصف مجيىء الولدين الآخرين بنفس الألفاظ . وتعلمنا الرواية ان الأم بعد الوضع تطهرت بطهور دام اربعة عشر يوماً » .

وكما صدرت تشخيصات قبل الولادة صدرت ايضاً تنبؤات اخرى تتعلق بمعيشة الوليد الجديد .

« الوسيلة للتنبؤ بمستقبل الولد يوم مجيئه إلى العالم : ان قال « نيny » فهذا دليل على انه سوف يعيش . وان قال « امبي embi» . فسوف يموت » (En°838) . ـ « وسيلة اخرى للتنبؤ : « ان بدا صونه باكيا فأنه سوف يموت ، وان خفض وجهه فأنه دليل ايضاً على الموت . » —E n° (839) .

وكانوا يعتنون كثيراً بصحة الأولاد في صغرهم : فكانوا يتأكدون من نوعية حليب المرضعة . وكانوا يصفون الأدوية للأطفال اذا ظهرت عوارض غير طبيعية مثل حبس البول او سيلانه . وهناك ادوية اخرى كان الغرض منها ازالة السعال عند الأطفال » .

وهناك ادوية ايضاً لتخفيف الصراخ . والفأرة المشوية كانت حسب اعتقادهم تزيل وجع نبات

الأسنان ـ وهو دواء عجيب اوصى به ايضاً بعد المصريين الأطباء اليونان ، والرومان والعرب ، وايضاً في القرن السادس عشر المطببون الأنكليز .

ولم يكن الأولاد يختنون في اليوم الثامن كما كان الحال في اسرائيل : وهناك مستندات نادرة ـ حفر نافر في صقارة Saqqara وفي الكرنك ، ونصوص في بني حسن ونجع الدير ـ Naga El — Deir ، تحمل على الأعتقاد ان الختان كان يطبق في سن البلوغ فقط . (راجع الصورة 8) ثم ان كل الشبان لم يكونوا في الضرورة خاضعين له . وهذه العملية لم تكن في مصر (سنداً للدكتور جو نكير) (Jonckheere) ختاناً بحق ، بل كانت مجرد شق في الجلدة ، الأمر الذي يحرر الحشفة .

الجراحة ـ : سبق ان اشرنا الى اصالة بابروس سميث التي لبست مجموعة من الوصفات بل كتاباً في الجراحة العظمية والاستطباب الخارجي ، كتب بعناية فائقة شبه علمية . ورد فيه عرض لثمانية واربعين جرحاً من خلال تعليمات موجهة إلى جراح : جروح سطحية تتناول فقط الأنسجة أو اصابات العظام والمفاصل . والاصابات الأولى كلها في الرأس (جروح سطحية في الجمجمة وفي الوجه . أما الجروح الأخرى فتتناول ، عدا الرأس مختلف اجزاء الجسم : خدش بسيط في فقرة دماغية أو شوكية . فك الحنك . فك الفقرة . أو الكتف . ثقب الجمجمة أو القص (ستيرنوم) . (sternum) . كسر الأنف والفك والترقوة . والعصص والأضلاع كسر في الجمجمة مع جرح الأغشية أو بدون جرحها . تكسر ومعس الفقرة الدماغية .

قلنا ما هي المعالجة التي يطبقها الجراح على الجروح الخفيفة او الخطيرة ، وكيفية معالجة الجمجمة وكسر غضروف الأنف .ننظر الآن كيف يعالج عظماً مشعوراً أو خروج الفك عن مكانه «[عنوان]: تعليمات تتعلق بالفك الاسفل وخلعه . ـ [الفحص] ان انت فحصت شخصاً في فكه الاسفل خلع ، وان وجدت ان فمه يبقى مفتوحاً وانه لا يستطيع تسكيره تضع ابهاميك على طرفي الفك الأسفل من داخل فمه ، وبالوقت نفسه تكبس ببقية اصابعك تحت ذقنه وتدفع الفك الى الوراء وهكذا يعود الفك الى مكانه . [التشخيص]: تقول بهذا الشأن ان رجلاً خلع فكه الاسفل انه مرض استطيع معالجته . [المعالجة] تطبق ضمادة من العمرو Imrou والعسل كل يوم حتى يشفي » . (Sn°25) .

والعلاج اذاً هو تطبيق ضمادات على الفك مؤلفة من العسل وتراب غير معروف يسمى امرو imrou الذي يلعب دور المطهر ومن البديهي ان وضع الضماد يتبع رد الخلع الى مكانه . الحاصل وفقاً للاسلوب المعروض في « الفحص » والذي لا يختلف في شيء عن الفحص الذي سوف يجريه « ايبوقراط » héppocrate والذي يمارسه اطباؤ نا ايضاً .

اما انفكاك الفقرة الدماغية التي اقترنت بجرح في الحبل الشوكي :

«[عنوان]: تعليمات تتعلق بفكٍ في احدى فقرات الرقبة .[الفحص] . ـ اذا فحصت رجلاً فيه فك في احدى فقرات رقبته ، وان وجدت انه لم يعد يستطيع السيطرة على يديه وعلى فخديه بسبب ذلك ، في حين ان قضيبه منتصب بسبب ذلك ، وان البول يسقط من عضوه دون ان يشعر ، في حين انتفخ بطنه وامتلأت عيناه بالدم [نزيف تحت الملحمية] فان ذلك دليل على ان فقرة في رقبته قد انخلعت وامتد اثرها حتى عموده الفقري وهذا هو السبب في عدم سيطرته على اطرافه . وإذا كانت الفقرة في وسط الرقبة فان منيه ينزل الى عضوه ـ [تشخيص وعلاج]: تقول بشأنه رجل قد فكّت فقرة

في رقبته في حين فقد السيطرة على اطرافه وفي حين ان بوله يتسرب نقطة فنقطة . انه مرض لا نستطيع له شيئاً » [S., n° 31].

تشخيص لا بد منه غير مقرون باية معالجة ، (وهذا امر مشكوك فيه) ان الخلع كما هو موصوف لا يشفى بسبب اصابة الدودة الشوكية ، والدليل عليها شلل الاطراف وعضلة المثانة . وفي حال اصابة الفقرة الرابعة (الدماغية) فقدان السيطرة على العضو التناسلي . إنها ملاحظات عيادية ذات دقة بالغة تُشرِّف الجراحين في الامبراطورية القديمة .

وها هو اسلوبهم في معالجة جرح الصدر :

«[عنوان] ـ تعليمات تتعلق بجرح الصدر ـ [الفحص] : ان فحصت شخصاً جرح في صدره ، وكان الجرح قد بلغ العَظم ، وثقب غشاء العظم ، (عظم القص) تكبس على الغشاء حتى ولو كان المريض يرتجف كثيراً ـ [تشخيص وعلاج]ـ تقول بشأنه : رجل جرح في صدره . والجرح دخل حتى العظم حتى ثقب غشاء قصه . مرض اعالجه ـ [المعالجة] : تزنره باللحم النيء في اليوم الاول . وبعدها تعالجه بالزيت والعسل ، وضمادة من الانسجة النباتية حتى الشفاء. (S. n °40)

مثل هذه التعليمات ليست فقط ملحوظة باسلوب العرض الذي يركز على دقة الفحص ، وعلى صوابية التشخيص ، وعلى الجزم في التنبوء : بل هي كذلك لانها تعلمنا اساليب طبقها جراحون لكي ينقذوا مرضاهم . والعديد من هذه الاساليب ما يزال مطبقاً في ايامنا . وهكذا فالضمادة من الانسجة النباتية التي سبق ذكرها ، تؤخذ من نبتة تسمى دبيت débyt . ويمكن تشبيه هذا النسيج بضماداتنا « الشيش » ذات المنشأ النباتي لانها تصنع من الوبر الذي يحيط ببذور القطن . ـ وعلى اطراف الجرح المفتوح كانوا يُطبقون ، كما سبق القول اعلاه ضمادات من نسيج مغطى ، مثل ضماداتنا بطبقة لاصقة . فكان الجراحون المصريون هم الاولون الذين سكروا اطراف الجرح بالقطب . وكانوا الاولين ايضاً في حالة فكش عضو ، في تقريب عضلاته بواسطة مشدات مصنوعة من الخشب او من الكرتون ، ويغطونه بالنسيج .

ابتكارات اخرى : السنادات من الآجر التي سبقت الاشارة اليها ، والقصد مساعدة الجريح في رأسه كي يبقى بالوضع العامودي . وانبوب الخشب ، الذي ينزل بين اسنان المصاب بالكزاز لكي يعطى غذاء سائلاً . واخيراً مسامير النار بواسطة اداة تسمى دجا : dja : انها نوع من المثقاب يوضع طرفه الحاد في تجويف او في احد التجاويف المحفورة في سطح قطعة خشب ، فاذا حرك المثقاب بشكل دائري بين اليدين المفتوحتين او بواسطة قوس صغير ، تنقدح شرارة وتحرق طرف العصا . ويذكر بابيروس ايبرس papyrus Ebers عن حربة محمية بالنار إذا قربت من الخارج ، من الدمامل فانها تؤمن كياً تطهيرياً سليماً .

ولم يصف الجراحون ادوية : ومرتين امروا في « بابيروس سميث » بصورة صريحة بأن يترك المريض يتبع نظامه الغذائي المعتاد .

الأجزائية او الصيدلة . لقد كانت الاحكام حول الاجزائية المصرية عموماً قاسية فقيل :

صيدلانية شيطانية واجزائية وسخة ، قيل ذلك وكرر . وهناك صحة في هذه العبارات ولكنها غير عادلة . في الواقع يجب التذكير بفئتين من الادوية : الادوية المستخرجة من جعب السحرة ، والادوية التي كان الاطباء يصنعونها حسب افكارهم مستلهمين تجاربهم .

الساحر وحده كان يأمر باستعمال المياه الملوثة بالغسيل ، وذلك في حالة آلام الرقبة والعينين . وكذلك تدخل في مجال السحر كل الأدوية التي لها علاقة « بالبراز » مثلاً : سلح البجع Pélieau وسلح التمساح (الكروكوديل Crocodéle) لشفاء « البتريجيون ptérygion » . وهذه البقايا تستعمل لمعالجة قصر النظر . ومن بين العلاجات العديدة في الولادة .(وقدذكرنا بعض عينات منها)دواء تدخين اعضاء المرأة بواسطة روث البرنيق (الايبوبوتام hippopotame) : وقد حفظ « ايبوقراط » هذه الوصفة ولكنه طورها بحيث تتلاءم مع عصر اكثر رهافة فاستبدل الروث بكلمة عطر . وبراز البشر اليابس ، والمسحوق يمكن ان يستعمل للتدخين من اجل شفاء التهاب الرحم . وكذلك الحال عن بقايا الذباب المأخوذة من الحيطان ، والتي كانت تستعمل لمحاربة سقوط الشعر ولمنع سقوط الاهداب ولمعالجة مرض الثديين . وهذه الاشياء كانت تدخل في تركيب تحميلة مهبلية ولاجل تسكين صراخ الطفل . وكان البول يدخل في لائحة الأدوية . ونذكر فقط ان بول الطفل غير البالغ كان يستعمل لمعالجة تبويل الدم الجرثومي . وللتخلص من الشقيقة كانت تمسح بجمجمة سمك السلور silure انه الاسلوب السحري التحويلي .

اما رد البصر الى الاعمى : هناك وصفة ذكرها « بابيروس ايبرز » . وهي تقضي بتمرير « مصل » عيني الخنزير عبر اذن الاعمى لتصل الى عينيه ، مع تكرار العبارة التالية : وضعت هذا ليحل محل ذاك ومن اجل ازالة الم رهيب رهيب . ((E . n°356) .

كيف يمكن لاطباء معاصرين لجراحين بمثل هذا التطور ، ذكرهم بابيروس سميث ، ان يقبلوا لانفسهم ادوية اخترعتها ادمغة بدائية ، قريبة من البربرية ؟ إنه احترام التراث ، وتعود الزبائن ، هما جزئياً من الاسباب . نضيف ان الدواء ذا الصفة السحرية يمكن ان يقترن ببعض الادوية الطبيعية التي تؤمن فعالية العلاج ، من ذلك ان الدواء المخصص لتهدئة وتنويم طفل ، وهو « خروج » الذباب ليس وحيداً . فهناك بذور الخشخاش . والأطباء من جهتهم يفضلون الأدوية التي يركبونها لأنها تمتاز على الأقل بانها غير مقرفة وغير سخيفة .

وقد ذكر ، مرتين وبشكل صريح التطبيب بالاعشاب الموصوف مرة بأنه سري ومرة بأنه نافع ، وهذه الوصفات وغيرها تحتوي الاعشاب فقط . وهكذا يسود العشب في تركيب الادوية . وكل الاشجار والشجيرات كانت تنمو في الريف اوفي الجنائن ، وبعضها من أصل اجنبي مثل الاكاسيا والسيكومور ، والبلح والخروب والرمان والبرسيا والتين والخروع الخ .

ان مجمل النباتات والاعشاب المأكولة أو ذات الرائحة مثل الشمام والبطيخ والخيار والثوم والبصل والجلبان والخشخاش والسُعْدُ الخ والحبوب المصرية مثل القمح والشعير والذرة والفرومان ، كل هذه النباتات واوراقها وبذورها واثمارها وقشورها وصمغها ومحلوبها ، والخمر من العنب او من البلح ، تحتل مركزاً مهماً في الاجزائية المصرية .

والمملكة الحيوانية تقدم هي ايضاً العديد من العناصر . فقد كانوا يستعملون اللحم المشحم واللحم النيء ,خاصة في الجراحة ، وصفراء الثور والسلحفاة والماعز والخنزير وكذلك كبد الثور والحمار . وشحم الاسد والكروكوديل والايبوبوتام والهر والحية والثور والاوز . وحليب المرأة والبقرة والنعجة والعسل ، وهو مذكور في كل صفحة ، والشمع . وهناك أيضاً سمك النيل ومختلف حيوانات المستنقعات . وتتمثل المملكة المعدنية في هذه المجموعة بالمنتوجات الشفائية مثل الزرنيخ والنحاس والكلس والغرانيت والنترون والبترول وبقايا الصوان والحجارة الزجاجية او القطرة الزرقاء (او سولفور الرصاص) النحاس ، والصلصال وبودرة الانتيموان ، هي موجودة في كحل المصريين .

وتدخل التوابل في تركيب الادوية من كل نوع : شراب ، مرهم ، دهون ، ضمادات ، تدخين الخ . وتستعمل في اغلب الاحيان باقسام متساوية ، وهذا يدل عليه خط عامودي قرب كل منها . وفي حالات اخرى كان مقدار كل دواء يحدد بواسطة المكاييل ، هي اجزاء من المقياس المصري المسمى حقة ، ويساوي : 785 , 4 ل. وكان المعيار الاصغر يسمى روو ro او 320/1 من الحقة (15 سنتم[3]) . وكانت الادوية كلها تقاس ولا توزن . الاغريق هم الذين استبدلوا الوزن من السعة وهكذا اعطوا للأجزائية تقدماً كبيراً .

ما هي قيمة الوصفات المؤلفة من قبل الاطباء ؟ انها بلا شك اعلى قيمة من الوصفات التي هي من منشأ سحري . ان العديد من الادوية المذكورة في هذا البحث ما يزال مطبقاً حتى اليوم مثل حبوب وقشر الخروع المستعملين لتقوية الشعر وايضاً كمسهل لتنظيف الامعاء. منذ آلاف السنين كان اطباء الفراعنة يلجأون الى التنشيق لعلاج السعال وكانوا ينصحون مرضاهم بزيادة الغذاء بواسطة المأكولات المدهنة . وهذا تطابق استثنائي لا ينكر ، اذ يجب الاعتراف ان الوصفات المصرية في مجملها لا تتوافق مع المقتضيات ومع التصورات المعاصرة ، وان الكثير من الادوية الموصوفة يومئذٍ هي بدون فعالية . في كثير من الحالات .

ولكن التجربة اطلعت المصريين على خصائص شفائية لبعض المواد النباتية أو الحيوانية ، وهي فضائل تعود الى وجود مواد غير معروفة نستعملها نحن مباشرة اليوم ، وإذا كان اطباؤ نا يصفون اليوم كأدوية ضد العشوة (ضعف النظر عند العشاء) الكبد النيء وخلاصة الكبد ، فذلك لانهم عرفوا ان هذه الغدة غنية بالفيتامينات : وكان المصريون يجهلون ذلك ولكنهم كانوا يصفونها لهذا الاستطباب ، وذلك لانهم تثبتوا من خصائصها المفيدة . والكبد النيّء لحمار ، حين كان يعطى طعاماً لامرأة تشكو من مرض في الرحم اضافة الى اضطرابات في البصر ، يجب ان تكون له نفس الخصائص . وكذلك الحال في صفراء العصفور ، وصفراء الخنزير او السلحفاة التي تستعمل في اغلب الاحيان كعلاج لامراض العينين . وكل صفراء تحتوي على حامض كولاليك cholalique . وانطلاقاً من هذا الحامض يحضر الكيميائيون الكورتيزون Cortisone المستخرج . ودم الوطواط كان يدخل في تركيبة دهون يطبق على جفون المريض بالتريشازيس trichiasis . وفيما بعد استعمل الاقباط بول الوطواط او استعمل الصينيون سلحه في مختلف الامراض البصرية : الامر الذي لا يستدعي الاستغراب لاول وهلة . ولكن نعرف اليوم ان فضلات الوطواط وربما دمه تحتوي على كمية كبيرة من الفيتامين A مثل زيت كبد الموري morue ولم

يكن الاقدمون يتمتعون بخيار ، مثل الرجل العصري ، بين الفيتامين المحضر اصطناعياً اي الصافي وبين غيره من المواد التي تحتوي على نفس الدواء في حالته الطبيعية ، انما معقدة واحياناً ممزوجة بمواد سامة .

لنكن اذاً متسامحين فلا نهزأ بكل الادوية التي كان وجودها لدى الصيادلة المصريين يثير دهشتنا . فمن بين الكثير من الوصفات التي تعود الى السحر والى الشعوذة والى الوراثة والى الجهل هناك عدد كان معقولاً وفعالاً .

وسواء تعلق الامر بالصيدلة ام بالطب فالقليل الذي كان يعرفه المصريون كانوا يستحقون عليه الثناء لانهم عثروا عليه منذ ثلاثين قرناً قبل عصرنا . والشيء الذي تعلمناه بعد الحقبة التي اطلق فيها ماسبيرو Maspero هذا الحكم سنة 1876 وبعد نشر بابيروس إيبر ـ papyrus Ebers لم يعمل الا على زيادة احترامنا للاطباء خاصة الجراحين في مصر القديمة . فعند هؤلاء كان كل شيء يثير الدهشة والاعجاب ، الحس السليم ، الاسلوب ، البراعة . وكانوا مثل النحاتين منذ حقبة منفيت ، memphite، قد وصلوا الى ذروة فنهم وخاصة في جراحة العظم ، اما الاطباء فكانوا ، كما قال موليير Molière الفرنسي عن اطباء عصره ، متعلقين كثيراً بآراء الاقدمين . حتى انهم تناسوا ان يتثقفوا ، وذلك لنقصان الشجاعة والفضول عندهم . ولكنهم فتحوا الطريق واسعةً امام الطب الاغريقي الذي كان في معظمه طب الغرب حتى القرن السابع عشر .

المراجع

المؤلفات العامة

A. **Erman** et H. **Ranke**, *La civilisation égyptienne*, trad. fr. de Ch. **Mathien**, Paris, 1952. — S. R. K. **Glanville**, éd., *The Legacy of Egypt*, Oxford, 1942. — A. **Rey**, *La science orientale avant les Grecs*, 2e éd., Paris, 1942, pp. 205-335. — G. **Sarton**, *A History of Science*, I, Cambridge (U. S. A.), 1952, pp. 19-56. — G. **Goyon**, L'antiquité égyptienne (« Apparition et premiers développements des techniques », chap. II, pp. 147-182), in *Histoire générale des techniques*, M. **Daumas**, éd., t. I, Paris, 1962.

المؤلفات المتعلقة بالعلوم المحضة

La bibliographie des ouvrages et articles consacrés aux sciences exactes en Égypte est groupée d'une façon excellente dans les deux ouvrages de Ida **Pratt**, *Ancient Egypt*, Sources of Information in the New York Public Library, New York, 1925 et 1942. On trouvera dans le t. I de cet ouvrage (1925) : le calendrier (aux p. 162-167) ; l'astronomie (pp. 220-222) ; les mathématiques (pp. 229-230) et la métrologie (pp. 233-236). Le t. II (1942), met à jour les publications parues depuis 1925 jusqu'à 1941 (Calendrier : pp. 121-122 : Astronomie : p. 168 ; Mathématiques : pp. 174-175 ; Métrologie : pp. 178-179).

Nous ne citerons donc que les ouvrages fondamentaux suivants :

I ـ الرياضيات

T. E. **Peet**, *The Rhind Mathematical Papyrus*, Liverpool, 1923 ; *Mathematics in Ancient Egypt*, Manchester, 1931. — A. B. **Chace**, H. P. **Manning**, R. C. **Archibald** et L. S. **Bull**, *The*

Rhind Mathematical Papyrus, Oberlin, Ohio, 2 vol., 1927-1929. — O. GILLAIN, *L'arithmétique au Moyen-Empire*, Bruxelles, 1927. — K. VOGEL, *Die Grundlagen der ägyptischen Arithmetik*, Munich, 1929. — W. W. STRUVE et B. A. TURAJÉFF, Mathematischer Papyrus des staatlichen Museums der schönen Künste, *Quellen und Studien zur Geschichte der Mathematik*, Abt. A, Band I, 1930. — O. NEUGEBAUER, *Die Grundlagen der ägyptischen Bruchrechnung*, Berlin, 1934 ; *Vorgriechische Mathematik*, Berlin, 1934 ; *The Exact Sciences in Antiquity*, 2e éd., Providence, 1957. — B. L. VAN DER WAARDEN, *Science Awakening*, Groningen, 1954. — O. BECKER, *Das mathematische Denken der Antike*, Göttingen, 1957. — R. A. PARKER, A Demotic mathematical Papyrus fragment, *Journal of Near Eastern Studies*, t. 18, 1959, pp. 275-279. — A. E. RAÏK, Nouvelles reconstitutions de quelques problèmes dans les textes de l'ancienne Égypte et de Babylone, *Recherches mathématiques historiques*, t. 11, 1958, Moscou (en russe).

II - علم الفلك

R. A. PARKER, *Calendars of Egypt*, Chicago, 1950 ; A. Vienna Demotic Papyrus on Eclipse — and Lunar-Omina, *Brown Egyptological Studies*, v. II, Providence, 1959. — O. NEUGEBAUER et R. A. PARKER, *Egyptian Astronomical Texts*, I, *The Early Decans*, Londres, 1960. — B. POLÁK, Étude concernant l'orientation des temples et pyramides égyptiens, *Říše hvězd*, Prague, v. 33, 1952, pp. 150-155, 177-180 et 209-223 (en tchèque).

Nous ajouterons enfin les articles de J.-J. CLÈRE *in Kêmi, Revue de Philologie et d'archéologie égyptiennes et coptes* (t. X, 1949, pp. 4 *sq.*) et *Journal of Near Eastern Studies*, v. 9, 1950, pp. 143 *sq.*

III - الطب

J. H. BREASTED, *The Edwin Smith Surgical Papyrus*, Chicago, 1930. — E. CHASSINAT, *Le papyrus médical copte*, Le Caire, 1921. — W. R. DAWSON, *Magician and Leech*, London, 1929. — H. von DEINES, H. GRAPOW et WESTENDORF, *Übersetzung der medizinischen Texte* (*Grundriss der Medizin der alten Ägypter*, Bd. IV, 1, Berlin, 1958). — H. von DEINES et H. GRAPOW, *Wörterbuch der ägyptischen Drogennamen* (*Ibid.*, VI, Berlin, 1959). — B. EBBELL, *The Papyrus Ebers* (translated), Copenhagen-London, 1937. — G. ELLIOT-SMITH, *The Royal Mummies*, Le Caire, 1912. — H. GRAPOW, *Untersuchungen über die altägyptischen medizinischen Papyri*, Leipzig, 1936 ; *Grundrisse der Medizin der alten Ägypter*, Berlin, I (1954), II (1955) ; *Die medizinischen Texte in hieroglyphischer Umschreibung autographiert*, Berlin, 1958. — F. Ll. GRIFFITH, *Hieratic Papyri from Kahun and Gurob*, London, 1898. — Dr F. JONCKHEERE, *Une maladie égyptienne : l'hématurie parasitaire*, Bruxelles, 1944 ; *Le papyrus médical Chester Beatty*, Bruxelles, 1947 ; *Les médecins de l'Égypte pharaonique*, Bruxelles, 1958. — G. LEFEBVRE, *Tableau des parties du corps humain mentionnées par les Égyptiens*, Le Caire, 1952 ; *Essai sur la médecine égyptienne de la période pharaonique*, Paris, P. U. F., 1956. — R.-O. STEUER et J. B. de C. SAUNDERS, *Ancient Egyptian and Cnidian Medicine. The Relationship of their aethiological Concepts of Disease*, Berkeley et Los Angeles, 1959. — W. WRESZINSKI, *Der Papyrus Ebers* (Umschrift), Leipzig, 1913 ; *Der grosse medizinische Papyrus des Berliner Museums*, Leipzig, 1909.

الفصل الثاني

ميزوبوتاميا La Mésopotamie

[اراضي ما بين نهري دجلة والفرات] مدخل تاريخي

قبل ثلاثة آلاف وخمسمائة سنة من عصرنا ظهرت في ميزوبوتاميا المستندات المكتوبة الأولى. وكان النظام التسجيلي الذي تركوه لنا والذي استمر متطوراً طيلة أكثر من ثلاثة آلاف سنة، يحمل اسم الكتابة المسمارية بسبب شكل الإشارات التي بدت في بعض الحقب على الأقل مؤلفة من عناصر بشكل مسمار او بشكل قطعة نقود . وكان الكتّاب يحضرونها بواسطة قلم غزّار مسنن على الواح من صلصال كانوا يشوونها فيما بعد او ينشفونها في الشمس . وقد وصلت الينا هذه المستندات بمئات الألوف في حالة جيدة من الحفظ .

وكان مخترعو الكتابة ومحررو النصوص الأولى ، السوماريون ، شعباً صغيراً من منشأ اجنبي يحتل ارضاً بسيطة على شاطىء الخليج الفارسي طوال نهر الفرات الاسفل . ولم يكونوا اول من احتل البلاد . وعندما استقروا فيها بتاريخ لا نستطيع نحن تحديده حتى الآن كان هناك طبقة من السكان اقدم قد طورت في هذه الاماكن حضارةً مدينية وزراعيةً متقدمة جداً . وسرعان ما استقرت مجموعات عرقية اخرى رحالة ساميَّة ، جاءت من الغرب ، في نفس المنطقة ، واختلطت بهم . ولكن في هذا المجتمع القديم المركب كانت عبقرية السومريين هي التي ابدعت الانجازات الاولى الفكرية والفنية . وكانت ثقافتها الاولى هي العنصر الاساسي في حضارة سوف تستمر حتى حدود العصر المسيحي وتمتد لتشمل كل الشرق الادنى القديم . وكان تاريخ هذه الحضارة معقداً جداً ومقولباً بفعل الاختلاطات العرقية المستمرة كما كان شديد الاضطراب بفعل الهجمات الكثيرة والمتعددة .

وبعد حقبة اولى سومارية خاصة ، نجح العنصر السامي في حوالي 2400 قبل عصرنا في الاستيلاء على الأولية السياسية . وظلوا محتفظين بها طيلة قرنين . وكانت هذه الحقبة هي حقبة السلالة الاكادية التي اسسها سرجون الاكّادي ومنها مدّ الملوك امبراطوريتهم على طول محاور الاتصال حتى المتوسط وحتى اعالي الفرات وعلّام . [الجنوب الغربي من ايران الحالية = خوزستان] .

الا ان العناصر السومارية من السكان ظلت محتفظة بحيويتها وديناميكيتها . وبعد ان غُلبت السلالة الاكادية واستولت قبائل الجبليين البرابرة على البلاد قام السوماريون بتحرير المنطقة ومارسوا من جديد السيطرة . وكانت هذه الحقبة ، ومدتها حوالي قرنين ، اي قبل ألفي سنة قبل المسيح قد

سجلت ذروة حضارتهم المادية والفكرية . وغطت على تقهقرهم من الناحية العرقية وعلى امتصاصهم التدريجي من قبل عناصر سامية متجددة باستمرار من الخارج . وكان يكفي تحضّر بعض العشائر الرحالة الآتية من الغرب لتأمين انتصار هذه العشائر بصورة نهائية . ويمكن القول ان السوماريين في القرن التاسع عشر قبل عصرنا قد توقفوا عن ان يشكلوا حقيقة عرقية . ولكن ثقافتهم عاشت من بعدهم زمناً طويلاً .

وقد وجد هذا الانتصار الذي حققته السامية شكله الباهر في بابل طيلة عهد السلالة التي اشتهرت بصورة خاصة بالملك المشرّع حمورابي حوالي 1780 ق. م. ولكن بنفس الحقبة ازدهر هذا الانتصار أيضاً في « ماري » Mari على الفرات الاوسط ، وفي آشور ايام شمشي اداد shamshi — Adad الأول وحتى بلاد سوزيان susiane وكانت هذه الحقبة هي العصر الذهبي للعبقرية السامية . فقد تغذت بالاعراف القديمة من سومار واكّاد ، وتخمرت بخميرة جديدة ، واظهرت هذه العبقرية السامية في كل المجالات قوة خلاقة وعفوية في التعبير قلما تيسرت لها فيما بعد .

وفي سنة 1650 تقريباً اجتاح الشرق الادنى موجة من الغزوات الدالة على هجرات كبيرة هندية اوروبية . فقد نهضت شعوب جديدة عبر التاريخ : مثل الحثيين Hittites والحريين Hourrites والكاسيين cassites . واستولى الحثيون خلال هجمة ليس لها مثيل على بابل وركزوا امبراطوريتهم في كبادوس cappadoce. اما الحريون الذين كانوا منذ زمن طويل يجوبون حول حدود العالم الميزوبوتاني ، فقد اخضعوا بلاد آشور واسسوا مملكة مجاورة هي مملكة ميتاني . اما الكاسيين فقد طغوا على بابل وتوطنوا فيها .

ولم يقم للثقافة البابلية قائم بعد حقبة طويلة من الظلام والعبودية، الا بشكل بطيء. واستطاعت آشور ان تتحرر بصورة اسرع من وصاية قاهريها .

وبعد ذلك اصبح تاريخ ميزوبوتاميا محكوماً بالخصومة السياسية بين بابل وآشور .

وكانت احداث هذا الصراع تفيد الآراميين الذين جاءوا من غرب الفرات ، كما افادت عيلام في محاولتها المتكررة للتوطن في السهول . وبدون كلل ، رغم ذلك ، تابعت آشور توسعها العسكري . وكان صعود قوتها مطعماً بالانتصارات السريعة الزوال غالباً ، إنما الواسعة الارجاء بشكل متزايد . وقد تم هذا على يد فاتحين عظام مثل توكولتي نينورتا الأول Toukoulti - Ninourta I ، 1243 — 1207 ، ومثل تغلات فلاّسر الأول Taglait phlasar I، 1812 — 1074 ومثل آشور نازيربال الثاني (883 — 859). وعرفت آشور اوجها في القرن السابع في أيام السلالة السرجونية التي حكم غالبية ملوكها بآن واحد نينوى وبابل . وهكذا كانت الأمة الاقوى في الشرق .

وعظمت مخاطر جديدة في هذه الإثناء على الحدود الشرقية حيث ظهرت العناصر الاولى من هجرات جديدة هندية ـ اوروبية . وتحت وطأة الهجمات المزدوجة من الميديين والبابليين ، ضربت القوة الآشورية من الداخل ايضاً حتى انهارت بعنف سنة 615 قبل عصرنا . وتحررت بابل من منافستها طيلة قرن تقريباً فعرفت عندئذٍ حقبة من العظمة التي زادت بسرعة . وبعد ان استولى الفارسي سيروش . (539 — 538) على المدينة قضى على ـ استقلالها نهائياً . وبسرعة وتحت سيطرة الفرس انتصرت اللغة الآرامية وحلت في كل مكان محل اللغة الاكّادية . وبعد زمن قصير جاء الأخمينيون ،

(539 — 330) ثم السلوقيون 312 — 104، وحتى في ايام الارساسيديين ؛ (حتى سنة 60 ق . م تقريباً) ، ظلت النصوص المسمارية القديمة تُنسخ في الهياكل وظلت الثقافة السومرية البابلية تعبيراً عن ماضٍ مضى وانقضى .

* * *

ومهما كان مظهر هذه الحضارة التي يُراد درسها ، تظل تُطرح على ما يبدو مشكلة اولية : من بين الشعوب التي تعاقبت على ميزوبوتاميا ما هي حصة كلٍ منها في تكوين وفي تطوير الثقافة المشتركة ؟

ان الآشوريين بالتأكيد لم يلعبوا الاّ دوراً ثانوياً . ومن الناحية الفكرية كانوا دائماً متأثرين ببابل . أما ما قدموه ثقافياً فهو مقصور على العمل التجميعي والنقلي . ولا شك ان هذا تقديم لا يستهان به لأن المكتبات الموسوعية التي أقامها بعض ملوك آشور ونينوى ، (توكولتي نينورتا الاول — Toukoulti Ninourta I) ومثل « تغلات فلاسر الاول ». وبصورة خاصة آشور بانيبال) التي عمل ملوكها على جمعها في عواصمهم ، ساعدت على جمع وحفظ الكتب الادبية والعلمية من العصور القديمة .

وهذا شبيه بالدور الذي لعبه في بابل بالذات الكاسيون . فهؤلاء ايضاً لم يكونوا الاّ جامعين ونقلة . ولكنهم ابدوا اهتماماً غير متوقع بالتراث السوماري بصورة خاصة الذي عرف من جراء فعلهم نوعاً من الازدهار اللاّحق . ومنه نشأت الثقافة الميزوبوتامية التي احتفظت ببعض آثاره .

اما الحثيون والحرِّيون ، فعلى الرغم من النقص في مستنداتنا ، فإننا نعلم انهم اخذوا، في مجال الفكر ، عن ميزوبوتانيا أكثر مما اعطوها . والادب العلمي عند الحثيين ظل بدائياً : فباستثناء النصوص ذات المصدر البابلي لم يرد بلغتهم الاّ بعض المستندات المتعلقة بالطب وبالرياضيات . وهي على ما يبدو مجرد ترجمات، من مستوى علمي متدنٍ خاصة في الرياضيات (مسائل اولية مزروعة باخطاء حسابية) . وهي كافية بذاتها لتثبت ان الحثيين لم يساهموا بالنهضة الثقافية في عصرهم بل كانوا عاجزين عن المشاركة الكاملة والافادة من المعارف التي اكتسبها جيرانهم .

وانفتحت عيلام وخاصة سوزيان ، باكراً ، وبشكل واسع على تأثير حضارة بابل . ونحن نمتلك بصورة خاصة عدداً من النصوص الرياضية حررها الكتّاب الوطنيون القريبو العهد من الملك حمورابي . وقيمة هذه المستندات لا تقل ابداً عن قيمة الالواح الميزوبوتامية الخالصة . بل ويمكن الافتراض بانها ذات اصالة في كيفية اجراء التحليل العقلي ، اذ ورد في بعضها ، في مجال التبيان فقط ، قول المؤلف موضحاً : « هكذا يتصرف الاكّادي » . ومن المؤكد أيضاً ان العلم السوزياني ليس الاّ انعكاساً للعلم البابلي . وعلى هذا فالثقافة العلمية ، لا في ميزوبوتانيا فقط بل في كل الشرق الادنى القديم ، وفي اية حقبة ننظر فيها الى هذه البلاد ، قبل انتصار الهلينية ، تبدو بحق سومارية اكادية[1] . او سومارية بابلية . انها مكتمل ثقافي يصعب فصل عناصره . ودراسة الترقيم فقط ربما تتيح القول ببعض الفرضيات الحقة فيما يتعلق بالتقديم الذي قدمه كل من السوماريين والساميين في هذا المجال . اما الباقي ، وباستثناء « اللوائح » التي سوف نتكلم عنها فيما بعد ، لا تعود النصوص الموجودة بين ايدينا الى تاريخ بعيد زمنياً كي نستطيع عزو تراثها الأول الى السوماريين وحدهم . ومعيار اللغة بالذات ليس

(1) إن كلمة أكادي لها مفهومان : بالمعنى الضيق انها تعود إلى ايام اكّاد ، ولكنها في اغلب الاحيان تستعمل بمعنى اوسع . فهي تتعارض عندئذٍ مع سومري وتدل على كل ما هو سامي في حضارة ميزوبوتاميا (بابل أو آشور) .

معياراً اكيداً . فالنصوص السومارية ذات المنحى العلمي لم تتجاوز الحقبة التي كان الاندماج الفعلي فيها قد تحقق بين المجموعتين العرقيتين الى درجة وجب معهـا ان ينعكس هذا الانـدماج الفعلي على صعيد الفكر .

وبالعكس ليس من السهل السعي الى عزل الحصة التي تعود الى العبقرية السامية حتى بعد مضي قرون من زوال السوماريين تاريخياً . فاثناء وجودهم استطاعوا ان يقولبوا وان يطبعوا بطابعهم العقلية الاكادية . وفيما بعد عاش تراثهم الفكري في الثقافة البابليـة دون ان ينفك عن اغنـائها . ويصعب تحديد تطور هذه الثقافة المشتركة . ومن مميزات الادب السوماري الاكـادي، باستثناء بعض المستندات الظرفية انه في اغلب الاحيان مُغفل وغير محدد التاريخ . والقسم الاكبر من اسانيدنا آتٍ من المكتبات الملكية او الخاصة . وهذا القسم هو في اغلب الاحيان من فعل الناقلين والجامعين . وقد ورد فيها ان هذا اللوح هو نسخة عن نسخة اصلية قديمة ، دون الاشارة الى تاريخ هذه النسخة القديمة . وتنقسم النصوص التي بين ايدينا بصورة عامة بين ثـلاثة حقب : السـلالة البـابلية الاولى ، (القـرن الثامن عشـر) ، حقبة السـرجونيـين ، (القـرن السـابـع) ، ثم الحقبـة البـابليـة الجـديـدة والسلوقيـة ، (القرن 3,5) . ولكن اسناد مرجع حتى ولـو كان اميناً الى واحدة من هـذه الحقب لا يقتضي على الاطلاق ان تكون المعارف او الاحداث التي يكشفها لنا غير معروفة او غير مدونة سـابقاً . ولكن اذا ثبت لنا اننا نتعامل مع مستند اصلي فاننا نجهل اذا كان تعبيراً عن فكـر مبدع او مجـرد نقل مكتـوب لمعلومات شفوية ربما تكون قديمة جداً .

وامام مفهوم التراث الشفوي ، نلمس نقطة مهمة في تاريخ المعارف في ميزوبوتاميا القديمة . ومن العجيب ان نلاحظ اننا في هذا المجال قلما نعثر الاّ على نصوص تطبيقية عملية ، وعلى جداول مرجعية وعلى مجموعات من التمارين . ولم نعثر ابداً عـلى كتب نُظريـة او معالجـات عقائـدية او عـلى عرض للمباديء. هل نستنتج من ذلك ، كما جرى في اغلب الأحيان ، ان السوماريين والاكّاديين كانوا غير ميالين الى التجريد ، وان معارفهم العلمية ، بالمعنى الواسع للكلمة ، ترتكز فقط على اصول وقواعد تجريبية ؟ ان ذلك يعني تجاهل المدلول الحقيقي للنصوص .

لنـذكر مثـلاً الجهد التجـريدي الـذي يمثله، في علم الكتابـة ، العمل المستمـر الذي قـام به الكتّاب ، لا لينتقلوا فقط من الكتابة التصويرية المحددة الى رمزية تدوين الافكار ، وإلى القيمة المقطعية بل وايضاً من اجل تطوير الاداة اللفظية السومرية القديمة لتتـلاءم مع المتـطلبات المستجـدة تمامـاً ، للغة الصوتية الاكادية لكي ينوعوا فيها . لتوضيح مكناتها ولتلخيص التدوين وتكثيفه حتى يتلاءم مـع الحقب المختلفة .

وكذلك الحال بالنسبـة الى النصوص الـرياضيـة . فمندرجـات الحلول لم تتضمن لا تفسيراً ولا تـبريراً مـع وجود استثنـائين في نصـوص سوز . وهكـذا نعثرعـلى مثلين من الحلول بتعابـير عامـة : المسائـل الأخيرة من (BM 34568) ورغم ذلك فهي لا تستبعد بالضرورة المعرفة النظرية للمنهجية التي يجب تطبيقها وبالتالي بعض المبـاديء العموميـة . فضلاً عن ذلـك ان البراعة التي استعملهـا البابليـون في ترقيم المواضيع تدل عندهم على قدرة تجريدية .

ولا حاجة الى امثلة اخرى. ففي اغلب المجالات نتوصل الى نفس النتائج . والعلم الميزوبوتامي كما تكشفه لنا النصوص على الاقل هو علم دراسة وتكوين وتطبيق . وكل القسم النظري مثل صيغة

المبادىء والمنهجية « وكتب المعلم » نوعاً ما لم تكتب ، على الاطلاق . انه علم تعليمي شفوي نعرف نحن وجوده واهميته في المدارس البابلية .

وهذه الفرضية حول علم غير مكتوب لا تقتضي ابداً ان يكون هذا العلم هو من صنع الذين حملوه على انه علم سري يجب ان يبقى مخفياً عن العوام . وان تكون بعض فروع المعرفة متسمة بهذه السمة ليس بالأمر المشكوك به . ولكن التعميم موقع في الغلط هنا . وعلينا ببساطة ان نفترض انه كان يوجد في ميزوبوتاميا تراث شفوي مكمل للتراث المكتوب الذي لن يتيسر لنا ابداً ان نعرفه معرفة مباشرة . ويعود الينا على كل حال ان نحاول اكتشاف مبادئه ، واعادة تكوين معطياته سنداً للمذكرات والمراجع والحسابات التي هي تطبيقات عملية له .

1 ـ السحر والتنبؤ

ان قصر دراسة العلم الميزوبوتامي على معناه العصري للكلمة يعطي عن هذه الحضارة القديمة صورة خاطئة . اذ مهما كانت العناصر العقلانية التي يمكن ان نجدها فيها ، فليس بالامكان عزلها عن اطارها الفكري . واحتساب الخرافات والمعتقدات غير العقلانية التي ما تزال تعيق حتى اليوم الفكر المعاصر لا يعني فقط اعطاء الحضارة القديمة صورة ادق بل يعني ايضاً قياس الجهد المبذول للانعتاق ثم تقدير يقظة الذهن العلمي تقديراً صحيحاً .

السحر . ـ قيل ان الفكر السحري هو الفكر البدائي . وقد تم التركيز غالباً على المكانة التي كانت للسحر في الحياة اليومية وفي المجتمع في تلك الأزمنة . وفي ما يتعلق بميزوبوتاميا ، ان هذا الأمر ليس محقاً الا بصورة جزئية .

فالفكر السومري الاكادي ، مهما استطعنا الصعود في الزمن ، لم يكن عقلية بدائية . ونحن عندما ندرك هذا الفكر نجد وراءه ماضياً طويلاً من التطور الروحي ، ونموه يترجم بآن معاً في البحوث الفكرية النظرية كما في التقدم التقني الدائم . فضلاً عن ذلك ان السحر الذي نعرفه عن طريق النصوص ليس السحر السري الشرير والفردي ، الشائع لدى الشعوب البدائية . لا شك ان هذا الشكل من السحر لم ينعدم وجوده عند الميزوبوتاميين ، على يد معتنقين خفيين يعزون احياناً كثرة الامراض والنكسات او سوء الحظ الى الشعوذات والى اللعائن . ولكن انه لذو دلالة ان نلاحظ ان السحرة رجالاً ونساءً المتهمين يومئذٍ كانوا يعتبرون في اغلب الاحيان من الاغراب (من السوتيين والعيلاميين) ، وان مثل هذه الممارسات كانت تلاحق وتعاقب بدون شفقة من قبل القانون . والسحر الميزوبوتامي الحق كان رسمياً في تأسيسه ودينياً في الهامه وحامياً منقذاً في اهدافه وكان حكراً على طبقة كهنوتية هم الرقاؤون والمعزمون الذين كانوا ينتمون الى مدينة اريدو المقدسة Saint — Eridou والذين كانوا يقدِّسون باسماء إلهين ايا ومردوق Ea. et Mardouk . اما سلاحهم غير المساعدة الربانية او التدخل المباشر من قبل الارباب ، عن طريقهم ، فكان العزائم والتطهر والطقوس السحرية .

وكانت العزيمة incantation هي اهم الاسلحة . ان فضيلة الكلمة وحدها وفعاليتها كان الهدف منها السيطرة نوعاً ما على الشيطان الذي يلفظ اسمه بقصد اخراجه واذلاله وترويعه وبالتالي اجباره على الهرب .

وكانت الطقوس كثيرة لوجوب ان تكون خاصة ذاتية . فإذا اصبحت اكثر تعقيداً ، نوعاً ما ، فانها تستعين ببعض العناصر الموجودة في سحر كل الشعوب : مثل رمزية الالوان ، والقوة الاكراهية في العقد والفضيلة السحرية في الدائرة ، القدرة الجذبية او الدفعية لبعض المواد ، الفعل التطهيري للماء ، والفضيلة التذويبية للنار ، والصدمة الارتدادية للقوى الخفية واخيراً عملية استبدال الشخص . ونخطىء ان نحن تمسكنا بحرفية وصف العالم الشيطاني الموجود في هذه الطقوس . فقراءتها توحي غالباً بان السومريين والاكاديين كان لكل شيطان عندهم شخصيته المحددة وان آثامه كانت معروفة تماماً . ولكن مقارنة النصوص بشكل واع تدل بالعكس على خلط عجيب في كل ما يتعلق بالتمثيل المحدد للشياطين . والتناقضات لا تقل وضوحاً وبروزاً بين الاوصاف الادبية وبين التمثيلات الصورية المجازية ذات التنوع المذهل بذاتها .

والواقع كان المعوذون ، في ما خص تصورهم للخارق قد تجاوزوا ، ربما ، مرحلة الاوهام والتحديدات الشعبية . وكان تصورهم يرتكز على رؤيا روحانية للكون كانت عناصره كلها حية او غير حية ، تبدو لهم وكأنها تتمتع بوعي وبارادة ، وكان الكون مؤلفاً من أواليات لا تردومن قوي ، ينزع بعضها نحو النظام الرباني وبعضها الآخر نحو الفوضى . وانتصار عناصر الفوضى يفسر كل التجاوزات التي يمكن ان تحصل في النظام الكوني والطبيعي او الفيزيولوجي .

هذه الأزمات الفوضوية ، كان السومريون يعزونها الى نوع من الحتمية العمياء والقوية جداً التي يعاني منها الآلهة والبشر على حد سواء . اما الساميون فبالعكس فقد كانوا يرون ان الآلهة تريد قوى الشر او تجيزها على الاقل . لان مسألة الشر في العالم كانت تتضمن في نظرهم عاملاً مجهولاً تقريبا من السومريين ، وهذا العامل هو مسؤولية الناس وبالتالي ضرورة معاقبتهم احياناً . ومهما يكن من امر كان المعزمون وحدهم ، بفعل احترافهم الديني وبفضل حماية الله ، يستطيعون التحرك بدون خطر بين هذه القوى الخفية الشريرة غالباً والتي يعيها العقل البشري في الكون دون ان يستطيع تحديد طبيعتها او تصور سببها بصورة واضحة . والاصل عندهم هو اكتشاف وجودها ومعرفة الاشارات الدالة عليها والتآلف معها واستبعاد مفاعيلها . وكانوا يجتهدون عند اللزوم في استخدامها في اغراض مفيدة .

كان المعزمون البابليون ، بملاحظاتهم ، ان لم يكن باهدافهم التي يسعون اليها ، يشقون الطريق الى العلم . ومن غير المفيد اعادة القول هنا ، ما كان قد كتب بفطنة حول الدور الذي لعبه السحر في يقظة الفكر العلمي . (A.Rey ، العلم الشرقي قبل الاغريق ص 40-47) . ولكن الشيء المهم الذي يجب التذكير به هو ان السحر في ميزوبوتاميا كان علماً خالصاً وكهنوتياً . وكان يشكل مجالاً مغ[illegible] والى حد ما باطنياً . وكان هذا العلم واضحاً في مبادئه وفي تطبيقاته وفي اساليبه . ولم يكن يهدف الى استلحاق كل فروع المعرفة .

وفي تاريخ الفكر العلمي يمكن تجاوز مسألة الدين . لا شك ان السومريين والبابليين لم يكونوا يتصورون الكون بدون آلهة وبدون تدخل إلهي . وفي نظرهم لم يكن الدين مبدأ تفسيرياً شاملاً . بل كان أقرب ان يكون فلسفة مما هو علم بالكون . وجل ما في الأمر كان يطلب منه ان يفسر الشيء الذي كان سابقاً على التجربة البشرية في تطور الكون . وفي هذا يكمن مجال الاساطير وعلوم نشأة الكون . ويخبرنا احدهم مثلاً ان العالم انبثق عن مبدأ واحد هو الله . في الاصل كان العدم او الخواء ومنه انبثقت

اجيال آلهية اخذت اكثر فاكثر تتفردن . وبعد صراع طويل استقر النظام الحالي بفضل من يسمون الآلهة الصغار ، وواحدهم هو خالق عالم الأرض الذي خلق الأرض والناس ووزع الكواكب واعطى الحركة للاجرام السماوية . وفي اساطير اخرى ورد وصف لانتشار البشر الاول ثم زوالهم شبه الكامل بفعل الطوفان وبعدها قيام بشرية جديدة . ومن هذه الخرافات تفسير تطور الانسان المنتقل من حالة الوحشية ونصف الوحشية الى حالة الحضارة بفعل وعي العقل .

وهكذا على ما يبدو لم يحتل الدين ولا السحر ، في الجهد الذي بذله الميزوبوتاميون لفهم الكون المحسوس وتفسيره ، المكانة المميزة والخاصة التي تعزى لهما عادة . والشيء الذي يميز في هذا المجال ، وبشكل اساسي ، الاتجاهات العميقة في فكرهم ، هو التنجيم الذي لعب في كل وقت دوراً مفضلاً عندهم . ومن جهة اخرى الرغبة الثابتة في البرمجة الموضوعية وفي تصنيف معطيات التجربة ضمن فئآت .

التنبؤ او العرافة ـ كان مجال التنبؤ غير محدود عملياً . فكل شيء في الكون يمكن ان يعتبر اشارة ذات دلالة . وفي نظر البابليين كان مصير الانسان مدوناً في صيرورة شاملة محكومة بحتمية قاهرة تتحكم بآن واحد بالنظام الكوني وبكل مظاهر الحياة على الأرض . والقانون الكبير في التنبؤ ، هو الاعتقاد بدورية وتكرارية الاحداث . فبعد انتهاء دورة ما يجب ان يحدث اطار فيه تنغرس الافعال البشرية . وفن المتنبيء يقوم على التدوين ، بدقة ان امكن ، لمختلف عناصر كل اطار ، حتى يمكن عند عودة اي مؤشر او دلالة مميزة استعادة او التنبؤ بالمكونات الاخرى لهذا المجمل الذي يكون المؤشر احد اجزائه ، نفهم من هذا الأهمية التي تعطى للاحداث المفردة او الغريبة . فهذه الاحداث بالنسبة الى المنجم تشكل نقط ارتكاز يسهل تمييزها ولا يمكن ان توقع في الابهام .

وكثيرة هي بالطبع الفصول في الادب التنبوئي : الاستخارة او الرؤية بالمنام (تفسير الاحلام) ، التنجيم . . . الفراسة ، التنبؤ عن طريق الولادات والاحداث البسيطة او اللقاءات في الحياة العادية الخ . . واكثرها لا يهمنا هنا الّا من حيث الاهتمام بالملاحظة المتجلية منها . وليس مما يُشك به ان دراسة الظاهرات المنتظمة او الغريبة في الحياة النباتية ، ودراسة خصائص المملكة المعدنية ، والتكونات الكواكبية او العلاقات بين الظاهر الفيزيائي وصفة الانسان ، لم يكن الّا ليطور عند المنجم معرفة معمقة للواقع .

التنجيم ـ يمكن الظن ان التنجيم هو الشكل الابرز في التنبؤ البابلي ، فالملوك الكلدانيون ألم يشتهروا في كل العصور القديمة الكلاسيكية بانهم احسن من استعمل علم الفلك للتنبؤ ؟ . الّا ان انتشار التنجيم في ميزوبوتانيا وبخاصة التنجيم المعتمد على قراءة الطالع كان نسبياً حديث العهد رغم ظهور مفهوم الرسمة البروجية سابقاً مع بروجها الاثني عشر ، وبالشكل الذي اخذه الاغريقيون عنهم ، مع بعض التعديل . واقدم هوروسكوب horoscope بابلي معروف حالياً لا يعود الى ابعد من السنة 410 ق . م . اي الى الزمن الذي كانت فيه البلاد تحت السيطرة الفارسية . والشكل الكلاسيكي في علم النجوم الاكادي وصل الينا من خلال الكتاب الكبير المسمى : « لورسك آنو ، Lorsque Anu ، انليل Enlil . . » ويقسم هذا الكتاب الى اربعة أقسام تخصص على التوالي للنشاطات الكوكبية للآلهة (سن) القمر « Sin la lune (شاماش) shamash le soleil الشمس ، (عشتار) Ishtar فينوس Vénus » و(آداد) Adad ، اوآلهة العاصفة وسوء الأحوال الجوية . أما التنبؤات فكانت تؤخذ من

مظهر او من حركة الكواكب او من علاقاتها فيما بينها او من الظاهرات السماوية او من الاضطرابات الجوية . وكان البابليون يعلقون اهمية خاصة على الاحوال الجوية وكما على الاحداث النجومية . وكانوا يؤولونها سنداً لذات المباديء. وبعكس اغلب اشكال التنبؤ كان التنبؤ النجومي يهم مجموع الناس باكملهم . فهذا التنبؤ كان يعلن عن المجاعات والاوبئة والطوفانات والحروب او بالعكس عن خصب المواسم وعن الفياضانات المنتظمة وعن السلم وعن الازدهار . وكانت هذه التنبؤات تصلح للملك لأن الملك في نظر الآلهة هو تجسيد لشعبه : ففي ما خصه كانت التنبؤات تعني التوصل الى السيطرة الشاملة والانتصار او تغيير السلالة او الثورة او الاغتصاب او الموت المأسوي او الشيخوخة المجيدة .

فعدا عن الحسابات الفلكية الخالصة والتصورات المشتركة بين كل انواع التنبؤات ، كان التنجيم يرتكز على نوع وعدد من المفاهيم الخاصة به .

ففي السماء بالذات وكانت المواقع التي يحتلها الآلهة الثلاثة الكبار تحدد ثلاثة « طرق » سماوية ، اي ثلاث مناطق ، احداها على خط الاستواء السماوي « آنو » Anou» والثانية على مدار السرطان «انليل» Enlil، والثالث على مدار الجدي «ايا Ea». وتستخدم الطرق كخطط مرجعية لتحديد حركة الكواكب .

فضلاً عن ذلك كان المنجمون البابليون يفترضون ان المواقع الارضية تنعكس على قبة السماء وانه يوجد بين الصورتين علاقات اساسية ومرهفة . فمربع « بيغاز Pégase » يمثل معبد بابل ، والسرطان يمثل مدينة « سيبار Sippar » والدب الكبير يمثل مدينة « نيبيور Nippour » . وكان سطح القمر بذاته مقسوماً الى اربع مناطق كل واحدة منها تتوافق مع احد البلدان الاربعة في العالم البابلي : عيلام Elam»، « اكاد Akkad»، آمورو Amorrou» ، سوبارتو Soubartou»، وهذه المناطق بالذات كان لها انعكاس سماوي اعم مرتكز على الجهات الاربع الرئيسية . وكانت الكواكب تتمتع بفضيلة خصوصية . فقد كان « جوبيتير » يمثل كوكب ملك اكّاد او ملك آشور . اما المريخ « مارس » فكان يمثل قوة عدوة هي آمورو وعيلام Elam عندما تكون هذه القوة واضحة . أما وجود زحل Saturne، وهي البديل الليلي للشمس ، فيدل على معنى النظام العام وعلى السلام والعدالة اما « فينوس » فكانت مرة خيراً ومرة شراً حسب موقعها في السماء ، وأما « عطارد mercure فكانت بصورة خاصة نجمة ولي العهد . وكان المنجمون يعطون اهمية خاصة لرونق النجوم وبريقها فضلاً عن موقعها في السماء عند رصدها ومراقبتها . وشحوب النجم يعني تأثيراً ضعيفاً ، ويشكل بالتالي فألاً سيئاً بالنسبة الى الملك الذي يتخذ النجم رمزاً له . فإذا كان الكوكب مشرقاً وبشكل بهي فإن ذلك يعني بالنسبة الى الملك وشعبه ضمان نجاح وفوز. يضاف الى هذه الدلائل دلائل يقدمها موقع النجوم وحركاتها المتتالية . فإذا اقتربت مارس من جوبيتير فإن آمورو تمارس ضغطاً خطيراً على بلاد اكّاد . وإذا كان جوبيتر في برج القوس او يتوجه نحو برج الثور فهذا يعني الموت بالنسبة الى ملك اكّاد . اما اذا توجه جوبيتر نحو برج السرطان ، فبالعكس ، ان ذلك يعني بالنسبة الى الملك ملكاً مطمئناً وسعادة للرعية .

وكانت هذه التنبؤات صالحة في كل الظروف . ولكنها لم تكن ترتدي كل معانيها تبعاً للتنبؤات التي يعطيها القمر وهو مؤشر رئيسي ومخيف خاصة في حالات الخسوف .

ولتفسير الاطار التنجيمي بشكل عام يجب ان يدخل في الحساب للقيمة الذاتية للحظة التي وقع

فيها التنبؤ . ان اشهر السنة ، وأيام الشهر وعشايا الليالي تدخل هي ايضاً وتوزع بين البلدان الاربعة بحيث ان هذه اللحظة او تلك تكون خيراً او نحساً بالنسبة الى البابليين . وهذا التأثير الخاص يأتي ليقوي وليعقد او ليحارب تأثيرات « المكان » أو طبيعة الظاهرة المرصودة .

وهناك تأثيرات اخرى تضاف ايضاً الى هذه المعطيات الاخرى . فالاضطرابات الطقسية والهالات القمرية والانواء وقصف الرعد الخ تشكل ايضاً اشارات مميزة او تكميلية يجب لحظها وتفسيرها بعناية ، ان علم النجوم البابلي هو علم معقد متعدد العناصر ويتطلب دقة بيانية تفرض نفسها بتحكم على فكر معتنقيها . ولكن مهما كان التأثير الذي مارسه المنجمون ، وبصورة خاصة في بلاط « نينوى »، فإن علم النجوم كما سبق القول لم يبلغ اوجه الاّ بعد تراجع الحضارة الميزوبوتامية . ومن جراء هذا لا يمكن ان يعتبر كمظهر بارز او أبرز للدلالة على عبقريته .

علم العرافة : Haruspicine - إن الأمر بالنسبة إلى العَرافة وهي فن مراقبة الأعضاء الداخلية بصورة خاصة للحيوانات المقدسة ، من اجل التنبؤ . وكان هذا العلم حكراً على طبقة كهنوتية هي « الباروس » Barous . وكان هؤلاء بين الكهنة يشكلون طبقة ارستقراطية . وكانت المراسم تقضي ان يكونوا بكمال العافية الجسدية مؤصلين بدون شائبة . وكانوا يرجعون باصل طبقتهم وبكشف علمهم الى ملك اسطوري عاش في « سيبارSippar » قبل الطوفان بكثير . والواقع ان علم العَرافة هذا قديم وعريق في ميزوبوتاميا . وقد ظهر ايضاً عند السوماريين كما ظهر عند الاكاديين منذ العصور الاقدم حتى ورد ذكره في الادب المسماري [1] وإذا شئنا ان نحدد اشكال وتقدم الفكر البابلي في بحوث العرافة فإلى فنِ المتنبي يجب ان نعود قبل كل شيء .

ولكن نلاحظ ان العَرافة البابلية قد تطورت بشكل علم حقيقي بمعنى ان روح التفكير قد طُبق على ما ليس بوهم بل على ما هو حقيقة واقعة .

ويمكن ان نذكر لصالحه المعرفة الدقيقة بعلم التشكل «Morphologie» الداخلي للحيوانات ذات القرون ، والحيوانات بوجه عام وللانسان ايضاً . وموسوعته القانونية لم تكن تضم اقل من عشرة آلاف ملاحظة ، ملاحظات عديمة الجدوى بلا شك وقليلة الفائدة بالنسبة الى البيولوجيا . ولكن ذلك لا ينفي انها تقتضي فحصاً دقيقاً للاعضاء ولوظائفها وخصوصياتها .

وكان على العراف عند ممارسة فنه ان يكون بحالة من الوعي تقتضيها حالة الوعي العلمي . وهذه الحالة كانت تتجلى ليس فقط في ضخامة وفي رهافة الملاحظة بل ايضاً في البحث وراء التجربة .

فالعراف لم يكن يكتفي بملاحظة ترسيمات العناصر ومواقعها وعلاقاتها المتبادلة وقياساتها ومشابهاتها الخ . . . بل كان ايضاً وفي اغلب الاحيان يفتعل الملاحظة . والفحص المعاكس كان هو القاعدة في الحالات المشكوك بها .

---

(1) واستعمال العرافة هو أيضاً موجود عند الاتروريين . راجع حول العلاقات الممكنة بين الفراسة البابلية والاترورية ص : 311.

ليس من المستهجن الظن بأن التفسير المنهجي للملاحظة كما يفهمها العرافون يدل الى حدٍ ما على تطور الفكر العلمي .

فقد وضعوا جدولاً تقنياً قلما يستعير شيئاً من لغة الحياة العادية كما ان روحيته مختلفة . وللتدليل على اقسام الكبد مثلاً لجأوا الى تسميات يمكن ان نصفها بانها وظيفية . وفكرة الوظيفة تؤخذ بمفهوم تنبؤي وليس بمفهوم بيولوجي .

اما الفحص بالذات فله جدليته الخاصة : والملاحظة تتم بحسب القوانين وبحسب «المقولات»* بالمعنى الافلاطوني للكلمة . والملاحظة ترتكز على معارضات مثل يمين وشمال فوق وتحت واضح وغامض . وفي تكوين جداول التجربة هناك ايضاً معايير حاسمة مثل القيمة الايجابية او السلبية لحركة ما ومثل وجود وغياب عنصر ذي دلالة . والعَرافة البابلية هي في الاساس فن مزجي وهي صدام كما يسميها العرافون انفسهم . وفي تفحص الاحشاء كانوا يطبقون بآن معاً تقنية مزدوجة . الاولى هي الملاحظة البسيطة . وتقوم على اكتشاف كل اشارة غير طبيعية شاذة ومعزولة ، وهي تستجيب لهذا الاندهاش الفكري الذي هو مصدر كل اكتشاف . والتقنية الثانية هي الملاحظة الموجهة والمعقدة . انها الاستشارة بالذات وتأويل الجواب الالهي على سؤال مسبق . وكل الاشارات تدل ، وليس فقط الاشارات الشاذة ، والعلامات « البارزة »، بل ايضاً الاشارات التي امكن ان تسبق الفحص او تحدده ، والنظر الى كل الاشارات التي تشكل مناخ هذا الفحص الخاص . فالعراف لا يكتفي بجمع الاشارات بدقة على طريقة الجبر : « الاشارات ناقص » (دلائل شر) والاشارات « زائد » (دلائل خير) . ففي اغلب الأحيان يكون الجواب اكثر من مجرد جمع انه تركيب : فبعض الاشارات التناقضية تحول النتيجة رأساً على عقب . وهي في اغلب الاحيان اشارات ملتبسة ، ازدواجية المعنى ، وذلك عندما تظهر الظاهرات ذاتها مرة على اليمين ومرة على الشمال .

ولكل انواع المعارف الصعبة وضع المثقفون البابليون تفسيرات تتناول الاساس وتفسيرات تتناول الشكل ولكن العرافين اشتهروا بنوع يعود اليهم بالذات هو مجموعات المتغيرات المفسرة . فقد جمعوا في باديء الأمر تنبؤات صادرة عن تراث متنوع مكتوب او شفوي . ثم جمعوها فيما بعد بشكل دروس او متغيرات تصف نفس الاشارة بشكل مختلف ، بحيث اقاموا نوعاً مما نسميه نحن الجهاز الانتقادي . وقد حاولوا فيها ان يوفقوا بين المتنافرات وان يفسروا بعض المتناقضات . وبعض الاحكام ذات المظهر المفارق تبدو في هذه المجموعات بشكل سؤال فحص (« استفهام) : تقول ان الاشارة A جيدة . ولكن اذا وجدت الاشارة A عند B تقول ان A شر . الجواب : في الخروف الحي يكون موقع B مقلوباً ، وسنداً لهذا الوضع المقلوب الذي تأخذه B يجب الحكم . نفترض : اقلب الاشارة في الخروف المضحى به (ثم تفحص ظهره فوق المذبح) .

من روحية التنبؤ بالذات ، يبدو ان الشيء الاكثر دلالة من هذا « الانتقاد للدلائل » هو « الانتقاد للتراث »، هذا التراث المقدس ، في كل الازمنة ، عند العرافين ، عندما تبدو لنا العَرافة

[(*) المقولات :يقول Kant انها اثنا عشر مفهوماً اساسياً في الفكر الخالص تستخدم كشكل مسبق للمعرفة] (اللاروس) .

حوالي العام2000 قبل المسيح ، على الاقل بالشكل العلمي الذي حددناه بايجاز نلاحظ انها تمتلك كل مبادئه وكل اساليبه واكثر ملاحظاته . ومع ذلك فقد اصبحت فيما بعد معقدة بشكل متصاعد .

وهذا التطور لا يتجاوب فقط مع كونها قد اصبحت ، اكثر فاكثر ، من مهمات المتخصصين الغيورين على اسرارهم بل وايضاً انها دائماً محكومة بالتجربة وغالباً ما كانت على خلاف معها فالعراف بعد ان يلاحظ فشله لم يكن يستطيع ان يقبل ـ مثلنا ـ بعدمية وبفراغ التراث الذي اخذه كنقطة انطلاق .

ان هذا التراث له ، بالنسبة اليه ، قيمة لا شك فيها ، وتكذيب التجربة للتراث كان يدل في نظره على ان المراقبة لم تكن كاملة كما يدل على عيب خفي في شكل تفسير الاشارات ولهذا ما انفك العرافون يوغلون بعيداً في دقة الفحص . وان هم اصروا في طرق الغلط فذلك يدل على انهم كانوا يُجِدُّون في ملاحقة حقيقة تهرب منهم . وهذا العمل الدؤوب من اجل الكمال في الملاحظة وفي التفسير ظاهر في المصادر التي بين ايدينا . وبالنسبة الى علماء العرافة البابليون يبقى علمهم « منفتحاً ـ »، بالمعنى البرغسوني Bergsonien للكلمة بحيث ان مجموعتهم تغتني وتترهف من عصر الى عصر . ان السلسلة « باروتو »barôutou (او « العرافة ») لم تغلق ابداً ، اي ان لوحاتها المتنوعة لم ترقم ترقيماً متتابعاً الا عندما ماتت : في الحقبة السلوقية . ولكن في ذلك الحين ان الشيء الذي شل حيويتها هو انتشار علم التنجيم والطوالع لا عدم الثقة بها .

11 ـ علم اللوائح

وهناك مظهر آخر اساسي في الفكر الميزوبوتامي ينعكس فيما يسمى عموماً بعلم اللوائح . من هذا العلم يبرز اقدم اشكاله وهو علم فقه اللغة . وازدهار هذا العلم تبع اختراع الكتابة بالذات . والكتابة كانت في الاصل معقدة جداً وذات سجل واسع . وقد توصل الكتاب باكراً الى وضع لوائح بالاشارات او الرموز التي تمثل الكلمات . وهذه اللوائح كانت بذات الوقت مراجع لغوية مدونة . ولم تكن الضرورة العملية فقط هي الداعية اليها . فالمصريون رغم تعقيد كتابتهم الخاصة لم يشعروا بالحاجة ، حتى العهد الروماني الى تدوين وجرد لغتهم « الهيروغلوفية » .

اما عند السومريين فقد كانت الحاجة تنم عن ميلهم الطبيعي الذهني الى تقسيم معطيات التجربة عندهم الى سلاسل او فئات . وإذا كانت هذه اللوائح لا ترجع فقط الى استعمال الكتابة ، فانها لم تكن تهدف ايضاً الى وضع بيان كامل بالكلمات . ان هذه اللوائح اقتصرت فقط على الكلام المحدد ؛ اما الافعال والنعوت فقد كانت مستبعدة منها عموماً . اذ ان الاسم كان في نظر السومريين والاكاديين مرادفاً للوجود : فتسمية شيء يعني ايجاده وخلقه . وتنميط الاسماء حمل الكتاب على عدم الاكتفاء بتعداد الكلمات فقط ، اذ شرعوا في تصنيف الواقع . وبالفعل اندمج توزيع الكلام ومعرفة العالم ومشاكل الكتابة ضمن هذا العلم السومري علم اللوائح .

وهذا العلم رغم انه لم يهدف الى الشمول ، فقد حدث ، في مجال التطبيق انه توسع حتى شمل كل مناحي المعرفة : علوم الطبيعة في لوائح المعادن واشباهها والنباتات والحيوانات . علم التقنيات في لوائح المعدات والالبسة والابنية والاطعمة والاشربة . علم الكون في لوائح الآلهة والنجوم والبلدان

والمناطق والانهار والجبال . علم الانسان في لوائح الخصوصيات الفيزيائية واجزاء الجسم والمهن والطبقات الاجتماعية .

ونحن نجهل احياناً مبدأ التوزيع الذي ساد تنظيم هذه اللوائح . ولكن الشيء الذي يجب لحظه هو انه في اغلب الاحيان لم يكن هناك مجرد تعداد على الاطلاق . فالاسماء ، وبالتالي ، الاشياء والكائنات ، جمعت ضمن عائلات او انواع لكل منها عنصر مميز موسوم في الكتابة بعلامة وبعنصر مشترك في نظام الترميز .

هذا العلم اللوائحي اخذه الاكاديون بالطبع عن السومريين . ولكنه بالنسبة اليهم ، وقبل كل شيء تدوين معجمي ونحوي . وكان هدفه الاساسي دراسة اللغة السومرية . ومن جراء هذا فقد الى حد بعيد صفته الاساسية من حيث معرفة الواقع . والاسم الذي كان في نظر السومريين دلالة على واقعية الكائن او الشيء ، لم يعد ، في نظر الاكاديين ، الا كلمة اجنبية يجب ترجمتها الى لغتهم .

وإذا كانت معرفة اللغة السومرية واجبةً ، في زمن ازدواجية اللغة في المجتمع الميزوبوتامي ، على الكتاب والمثقفين الساميين من الناحية العملية والثقافية ، فان دراسة هذه اللغة قد استمرت فيما بعد لان السومرية ما انفكت تعتبر اللغة الدينية والعلمية في ميزوبوتانيا .

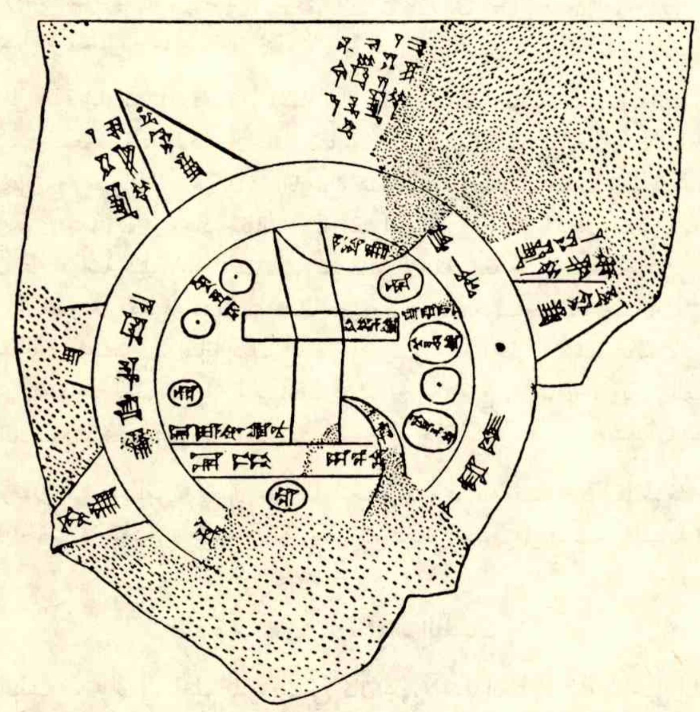
ودراسة اللغة كانت ترتكز على لوائح معجمية اثنينية اللغة . وابسط هذه اللوائح كانت ذات عامودين ، وتعدد من جهة الكلمات السومرية ومن جهة اخرى ترجمتها الى اللغة الاكادية . وهناك لوائح ذات ثلاثة اعمدة او اربعة فتضيف الى هذه العناصر الاولية ، الدراسة الصوتية للعلامة واسمها او هي توضح ، بالمرادف او بتعريف موجز ، المعنى الخاص للمعادل الاكادي .

وقد اظهر البابليون اهتماماً اكيداً بمقارنة اللهجات وبدراسة اللغات الاجنبية . وقد نظم السومريون لوائح ذكرت في مقابل الترجمة الاكادية كلمات سومرية باللهجتين الاقليميتين لهجة « اميسال » emesal ولهجة « ايميكو emeku » . وهناك دلائل تثبت انهم لم يكونوا اقل اهتماماً بالفروقات اللغوية القائمة بين الاشورية والبابلية ، ومن ذات الاهام كانت « عناصر المعجميات الاجنبية » ثنائية اللغات او ثلاثية او حتى رباعية : « كاسيتو بابلي cassito — babyloniens » ، « حتي ـ اكاديhittito — Akkadiens» ، « سومري ـ اكادي ـ حتيsumèro — akkado — hittites » « سومري ـ اكادي ـ اوغاريتي ـ حتيsumèro — Akkado — ougaritico — hittites» :

وفي مجال المعجمية وتدوينها والمجالات التابعة عرف العلم السومري لوائح كانت معروفة عند البابليين وكان لها مقام ملحوظ . ولكنهم كسابقيهم استعملوا هذا العلم كأساس لعلوم اخرى عديدة . فقد قدم هذا العلم مثلاً الأطر الاساسية للتاريخ . ونظم السومريون لوائح بالسلالات ، وبعضها يعود الى ابعد من الطوفان وحتى الى نشأة العالم . وقد ورد فيها ذكر لتتابع الممالك والاسر بشكل فلسفي يخلط الخرافة بالتاريخ الحق . وورد فيها تطور الاجيال الملكية ، لا البشرية بشكل تتعاقب فيه الحقب السعيدة والتعيسة ، كانعكاس ارضي للتغيرات الطارئة في العالم الإلٓهي . ودخلت فيها على ما يبدو تأملات نظرية عامة ، مثل فكرة التدهور التدريجي البشري في عصور ما قبل التاريخ ، او ربما بصورة اقل يقيناً ـ دخلت فيها فكرة الثورات الدورية المرتكزة على الاعتقاد بوجود « سنة كونية كبرى » .

هذه اللوائح السلالاتية اعتمدها الاكاديون ايضاً انما بعد توضيحها وتنويعها . وعندها ارتدت قيمة التوثيق الموضوعي في خدمة المؤرخين ، وبفضل تدوين الاحداث المتزامنة الحادثة في عدة بلدان ، اعتبرت هذه اللوائح اسس تاريخ كوني شامل وغير اقليمي .

وظهر تطور مماثل تقريباً في مفهوم الجغرافيا . فالسومريون لم يتجاوزوا علم التوبوغرافيا المحلي موزعاً بين ثلاثة اقسام رئيسية : عناصر المساحة ؛ البلدان والاقاليم والجبال ؛ الانهار والقنوات ومنابع المياه . وعندما دوَّن الاكاديون بدورهم لوائح جغرافية وسعوا معطياتها بالمقدار اللازم لعالمهم الخاص . ولكن تعداداتهم لم تعرف الوحدة ولا الدقة التي يتطلبها العلم الحق . وظلت هذه اللوائح في اغلب الاحيان تدوينية كلامية او غلب عليها طابع الاهتمامات الثانوية : الادارية والدينية او التجارية . الا انها في بعض الاحيان كانت تعالج مواضيع جديدة ، كان يمكن ان تكون خصبة : مثل مفاهيم المسافة والطريق . اما دراسة مجمل الكون ، فقد كانت يومئذ ترتبط بعلم نشأة الكون او « الكوسموغونيا » : الارض هي صحن مسطح عائم فوق المحيط ، وفي وسطه توجد بابل . وبهذا المفهوم رسمت خارطة العالم الوحيدة المحفوظة لدينا عن تلك الحقبة والتي رسمها كاتب في اسفل لوحة « بابلية جديدة » (صورة رقم 10) اما الخارطات الاخرى فكانت محلية خالصة وردت فيها خرائط مدن واحياء وقنوات وابنية .



صورة 10 ـ خارطة بابلية للعالم ، (لندن) 22 ,48 . وبشأن تأويلها يراجع بر . ميسنر ، البابلي والاشوري . مجلد II

اما فيما نسميه علوم الطبيعة مثل علم الحيوان وعلم النبات وعلم طبقات الأرض الخ . . . فكانت تقنية اللوائح التصنيفية هي المستوى العلمي الوحيد الذي توصل اليه السومريون ومن بعدهم الاكاديون . ولما كانت المبادىء والمناهج هي ذاتها في كل مكان فانه يكفي على سبيل المثال ، ايراد بعض الافكار حول علم الحيوان . . لقد ضمت لوائح الحيوانات ، من فصيلة الكلب الاسد والثعلب وابن آوى . . . وذلك بسبب ان اسماءها تشتق في اللغة السومرية من اسم الكلب .

اما الحصان والبغل والنغل والجمل ذو السنمين فهي تشترك فيما بينها ، عند كتابة اسمها بالاشارة البدائية الدالة على كلمة حمار .

وهناك صورة او رمز (ايديوغرام idéogramme) كان يستعمل كعلامة مميزة لاسماء مختلف القواضم التي تشبه الفأر . وهناك معيار خاص للدلالة على الاسماك، ومعيار آخر للطيور . ومن بين ذوات الجوانح كان هناك فرع يدل بوضوح على عائلة الحشرات المستقيمة الاجنحة مثل الجراد والصرصور والسرعونة mautes (حصان ابليس) ويدخل ضمنها ايضاً بعض الطيور . ومثل هذه الالتباسات تصنف الحنكليس anguille في جملة الافاعي ، والسلحفاة من بين الاسماك .

هذه التصانيف وشبيهاتها - : نباتات وجمادات ترتكز بصورة اساسية على اللغة ، وهي قلما تجاوزت مرحلة السلسلات الكلامية اللغوية . ولكن وبسبب انعدام الاهتمامات العلمية ، فهي تدل ، عند السومريين على حس طبيعي بالملاحظة وعلى ميل طبيعي الى توزيع الكائنات والاشياء ذات العناصر المشتركة ظاهرياً بين مجموعات .

الى هذه اللوائح المستعارة ، اضاف الاكاديون بعض التغييرات ، وبعض الملحقات اضافة الى غنى اكبر في المعجمية . ولكنا نلاحظ ايضاً ان هذا التوثيق الكتبي الخالص لا يعطي الا صورة بدائية موجزة عن معارفهم لعالم الحيوان . اما عن اهتمامهم بالحيوانات فلدينا ادلة متعددة . فقد كان ملوك اشور ونينوى يتفننون في ايجاد حظائر حيوانية واسعة في الجنائن حول قصورهم . وكان العرافون يركزون على دراسة سلوكات الحيوانات البرية او الاليفة بدقة حتى يستخرجوا عن طريقها النبوآت . وتدلنا الاساطير على معرفة دقيقة واحياناً مضحكة « بسيكولوجية » الحيوانات المألوفة . ويفترض التحكم الذي استطاع به فنانو ذلك العصر ان يصوروا به حفراً ونقشاً عضلات الخيول والاسود ، وجود دراسة واعية لعلم تشريح الحيوانات التشريح الخارجي ولا شك ، ولكن الفحوص المتعمقة التي قام بها العرافون (haruspices) ادخلت عليه من وجهة النظر الداخلية المتممات الضرورية .

ومهما يكن من أمر ، احتل علم اللوائح حيث وجدت مصنفة تصنيفاً شاملاً تقريباً كل معطيات التجربة الحسية والذهنية ، مكانة مهمة في تكوين الفكر العلمي في العصور القديمة الميزوبوتامية .

III - الطب

الطب هو مجال في العلم الميزوبوتامي كان مجهولاً منذ العصور القديمة حتى ايامنا هذه . وإذا كان هيرودوت Hérodote يزعم ان البابليين لم يكن عندهم اطباء ، فان الكثير من العلماء المعاصرين يميلون من جهتهم الى التقليل من اهمية المعارف الطبية لدى الممارسين القدماء، من اجل ربطها تقريباً بالسحر

بصورة كاملة .

ان هذا الحكم التقليدي ليس تحكمياً خالصاً. ومستنداتنا هي في الغالب غشاشة . وتوثيقنا يأتي بصورة خاصة نقلاً عن المكتبة الملكية عند اشور بانيبال او من محفوظات المعابد . والكتاب الذين دونوا الوثائق لم يكونوا في معظمهم اختصاصيين بالمسائل الطبية بل كانوا مجرد مصنفين جمعوا وراكموا كيفما كان كل ما كان ، في الكتابات القديمة ، متعلقاً بالامراض .

الرقاة او المعزِّمون والاطباء . ـ في الواقع وبعد دراسة هذه النُصوص المتفرقة بصورة ادق نرى ان الشفاء ، لم يكن يتعلق فقط بالسحر بل كان ايضاً مرتبطاً بأسلوبين مختلفين تماماً : شفاء المعزم او الراقي « اشيبو ashipou» ثم المعالجة من قبل الطبيب الفعلي (آسو asôu) . ولم يكن الرقاة يتدخلون ، من حيث المبدأ الا اذا كان سبب المرض يبدو في نظرهم فوق الطبيعي . وفي كل الحالات الاخرى كانوا يوجهون المريض الى الطبيب ، وفي حال عدم وجوده كانوا يطبقون بانفسهم المعالجة التي كان الطبيب يصفها . ولكن لم يكن يدخل في بالهم الالتباس بين « الاسوتو Asoûtou» او علم الطبيب وعلمهم الخاص (اشيبوتو âshipoûtou). وليس من التحكم في شيء ان نترك جانبا الاساليب العلاجية التي يطبقها المعزم والتي ترتكز على المبادىء العامة للسحر والتي سبق ان تكلمنا عنها . ونكتفي هنا بذكر النشاط الخاص بالطبيب . يعطي قانون حامو رابي Hammourabi ايضاحات مفيدة عن الطبيب وعن وضعه الاجتماعي . وهناك مقالات كثيرة تبحث في اتعابه وفي العقوبات الجزائية التي يتعرض لها إن اخطأ مهنياً . والأجور المرتفعة التي كان يتلقاها تدل على المكانة التي كانت للاطباء ونقابتهم في ذلك الزمن .

ان شهرة اطباء بابل كانت تتجاوز حدود بلادهم . ونحن نراهم في زمن العمارنة — El Amarna (القرن الرابع عشر) يتجولون في كل بلدان الشرق الادنى ، كما كانوا مثل نظرائهم المصريين مطلوبين من قبل البلاطات الاجنبية لقاء اجور سخية . وتدل الكتب المسطرة من قبل اطباء او التي تتكلم عن اطباء، لا على تنقلاتهم فقط او حياتهم الخاصة . ، بل تشكل ايضاً مستندات ثمينة حول طريقة تصورهم هم انفسهم لعلمهم ولطبيعة العناية التي كانوا يبذلونها للمرضى . في هذه الرسائل يبدو الطب كعلم وضعي وانساني خالص . وفيها ذكرٌ ، من جهة ، للفحص العيادي للمريض ، ومن جهة اخرى لكيفية استعمال الضمادات ـ والكمادات والمراهم والدهونات والتدليك . وليس فيها اي ذكر للاجراءات السحرية ولا اي لجوء الى المسائل الإلهية . وإذا كان الطبيب يفكر ان الآلهة يمكن ان تسهل او تعجل في الشفاء، فكان يقول ذلك احياناً ، ولكنه لم يكن اقل اقتناعاً بان هذا الشفاء يمكن ان يتم بوسائل طبيعية جداً . وهذه الرسائل لها افادة اخرى ، فهي بحكم تسلسلها الزمني ، تنهي مشكلة يصعب حلها بفعل النصوص المهنية فقط .

من المعتقد غالباً ، في هذا الشأن ، ان السحر كان الشكل الاكثر قدماً في الطب وان المفاهيم العقلانية لم تظهر فيه الا بصورة تدريجية ، وفي زمن متأخر نوعاً ما . ولكن الكتب الاكثر قدماً تشهد بانه ، منذ اعلى العهود البابلية ، كان الطب الطبيعي موجوداً ، بروحه وباساليبه الخاصة ، مستقلاً عن السحر .

وهناك برهان اضافي وصل الينا حول هذا . لقد عُثِرَ ، منذ عهد قريب ، على نص طبي من

نيبور Nippour، يعود الى عز الحقبة السومرية ، الى حوالي السنة 2100 قبل المسيح . تعدد هذه اللوحة سلسلة كاملة من الارشادات وفيها ، لم يرد أبداً اي ذكر لاي طقس ، او تعويذة اورقية ، ولا لاية اشارة الى الآلهة او الشياطين . وكتاب الوصفات الطبية هذا بالذات ، والادوية التي يذكرها ، واردة فيه بوضوح كلي مما يفترض تراثاً طويلاً سابقاً .

كتب الوصفات الطبية ـ بعكس ما كان عليه حال المُعَزِمِينْ الرُقاةِ ، لم يدون الاطباء ، عن علمهم الخاص ، الا القليل من المراجع المهنية . وهذا يزيد في قيمة جدول طويل اشوري يدلنا توقيعه ان محرره كان تلميذ طبيب اسمه نا- بو-لي -"او Nabou — le'ou . وهذا الجدول هو نوع من اللائحة - المرجع ذات اعمدة ثلاثة ، صممت وفقاً للمخطط التالي : « هذه النبتة : دواء لهذا المرض : تُعَدُّ وتُعْطى بهذه الكيفية .

والعامود الاول ، الذي يذكر اكثر من 150 اسماً للعطور الطبية ، يوضح ، عند الضرورة ، القسم من النبتة الذي يجب استعماله (البزور ، الجذر ، البرعم او الزمعة ، الصمغ . . الخ) ، ثم يوضح ، عند الحاجة ، الاحتياطات المتوجبة عند القطاف .

وإلى جانبٍ هذا ، يشير العامود الثالث ، المخصص لإعداد الدواء وطريقة استعماله ، إلى درجة الحرارة ، والى عدد المرات او في اي وقت من النهار يعطى العلاج للمريض ، خاصة اذا كان من الواجب ان يكون هذا المريض صائماً عن الطعام . .

هذا الدليل المساعد لم يكن الوحيد في الادب الطبي الاكادي . وقد تم العثور على اجزاء من ذات النوع ، انما ترتكز على اعراف مختلفة قليلاً .

ومهما كان عدد المراجع المماثلة الفردية ، الا انها بالتأكيد ، كانت اقل انتشاراً من الكتب الكبرى التجميعية ، حيث كان الكتاب قد جمعوا كل ما كان يبدو لهم مفيداً ومهماً للعلم ولشفاء المرضى . ان هذه المؤلفات كانت على نوعين : الاولى كانت تركز بشكل خاص على مفاهيم التشخيص ووصف الأمارات المرضية ، والثانية كانت مخصصة للمعالجة والاشفاء .

كتاب التشخيص ووصف الامارات ـ ان النصوص التشخيصية والإماراتية الطبية تمتاز بخصوصية ملحوظة انها جمعت ، على الاقل منذ الحقبة القصديرية (Cassite)، ضمن مجموعة وحيدة ، نستطيع اليوم اعادة تكوين تنسيقها العام .

تتضمن المجموعة اربعين لوحة او فصلاً مرقمة بعناية ومقسومة الى خمسة اقسام لكل قسم عنوان خاص . ورغم هذا الاهتمام بالتركيب التقني ، تبدو الدراسة وكأنها من صنع جامع . فقد ذُكر فيها المعزم والطبيب بشكل دوري ، وفيها تتراكم فقرات او لوحات مختلفة مهنياً .

والقسم الاول مخصص لعلم المعزم فقط . واللوحتان اللتان يتضمنها هذا القسم تُقدمان ، تبعاً للمريض ، تفسيراً للاشارات والدلائل التي يمكن لحظها عند زيارة المريض والوقوف عند رأسه . أما بقية الكتاب فتهتم ، بحسب الحالات اما بالمعزم او بالطبيب . والقسم الثاني ، في لوحاته الاثنتي عشرة ، يشكل نوعاً ما معالجة تحليلية لعلم اعراض الامراض ـ فمن خلال الحالة او اللون او الحرارة التي تكون عليها اجهزة الجسم المختلفة من الرأس حتى القدم ، استخرجت وصفات تتسلسل خطورتها

بين الشفاء والموت . والملاحظات اما ان تكون معزولة منفردة للتدليل على الدلائل ، اوبصورة تحكمية ، على عناصر الدلائل ، او تكون متزاوجة من اجل وصف تشخيص كامل .

ويتضمن القسمان التاليان عشرَ لوحاتٍ في كل منهما ، لم يصلنا منها الكثير وهذه اللوحات وان بدت اقل انسجاماً من السابقة فاننا نلاحظ فيها ان المرض مدروس اكثر بصورة توبوغرافية مكانية ، ولكن اولاً بشكل تدرجي اي في مراحله المتتالية ، ثم انتولوجيا ontologiquement (من حيث علم الكائن) بحكم انه اي المرض كينونة مرضية . اما القسم الخامس والاخير من الكتاب ، وهو ايضاً غير كامل فيخصص مجمل لوحاته الست للأمراض النسائية فقط وللحمل بشكل خاص ثم لامراض الرضيع .

ويكشف لنا انشاء المجموعة عن المعلومات الاساسية حول الطب النظري البابلي . وهذه المفاهيم تقسم الى اربعة اقسام كبرى : علم الدلائل ، مبحث اسباب المرض ، تشخيص المرض. توصيف العلاج . وهذا التقسيم ما يزال معمولاً به في كتبنا الطبية الحديثة . وإذا كانت المحاضرة كاملة الشكل تماماً فأنها تتبع النهج التالي : إذا كان المريض مغطىً بطفح احمر ، وجسمه اسود : فقد اصيب بذلك اثناء الجماع مع امرأة : وهذه يد الخطيئة : يَشْفَى .

وفي اغلب الاحيان وخاصة في القسم الثاني من الكتاب يكون الحكم اكثر اختصاراً ، وباستثناء وصف الدلائل ، فقد ينقصه عناصر اخرى . مثلاً : إذا كان وجه المريض اسود فان مرضه يطول ثم يموت . وبصورة موجزة اكثر : إذا كان فمه احمر فهو يشفى . وإذا كان فمه اسود يموت .

والايجاز البالغ في هذه الاحكام الأخيرة يطرح مشكلة تفسيرية . فالقيمة لمثل هذه الاشارات المعزولة باطلة طبياً برأينا . وهي كانت كذلك بالنسبة الى الاكاديين ايضاً . فالطبيب كان عليه ان لا يوليها اية اهمية الا إذا قرنها باشارات اخرى متزامنة معها . والكتاب نفسه يقدم لنا الاثبات على ذلك . ففي ما خص اليرقان الخطير نجد في احد المقاطع الوصف العيادي ، الذي فصلت عناصره المختلفة بشكل كيفي ووزعت في مختلف الفصول التي تعنى بالعينين والوجه واللسان والأحشاء الخ . ونفس الاسلوب موجود في الطب الاغريقي[1] . والحقيقة اننا لو امتلكنا مجموع الادب الطبي البابلي فاننا نلاحظ ان كل اشارة من الاشارات الخاصة المذكورة في هذه المجموعة قد اقتُطِعَتْ، بصورة منهجية ، من وصفٍ اكمل . في هذه التجزئة الكيفية لمجموع الوصفات نجد التقنية التقليدية للوائح كما نجد تأثير الفن التنبؤي الذي ينزع ، كما رأينا ، الى تجزئة عناصر التجربة المعقدة لتحليلها بعناية ما امكن . وهذا الاسلوب يبدو بالنسبة الى الطبيب مفيداً عملياً اذ يسمح له بالعثور ، وبسهولة على المرجع الخاص .

كتب الاستطباب - : اما النصوص الاكادية التي تعالج الاستطباب فهي كثيرة جداً ومتشعبة وليست اقل تعقيداً . وفي الغالبية ، انها كما سبق القول ، مجموعات تعدد ، من اجل نفس الاشارات ، وصفات طبية وايضاً مراسم سحرية .

وتختلف صيغتها بشكل محسوس عن صيغة التشخيصات . وبعد وصف الدلائل ، يرد احياناً

(1) J.Felliozat, Journal asiatique pp. 305 - 306.

التشخيص ، وبشكل نادر قد يرد سبب المرض . ثم يأتي نص المعالجة ، وهو القسم الاساسي ، وهو في اغلب الأحيان متعدد . فتحت نفس العنوان ، يمكن تعداد واحدٍ وثلاثين شكلاً لمعالجة اليرقان . وكل اسلوب من الأساليب مفصول عن التالي بخط . وهذا التدبير ، الذي يشير الى استقلالية كل فقرة ، يتيح العثور على ، (ثم فَصل) كل امر يهم او الطبيب او المعزم ، ضمن المجموعة ، وان لم يسميا صراحة .

وتتألف الصيغة النهائية من الاشارة الى توصيف المرض الذي يتضمن في اغلب الاحيان توقع شفاء المريض او تحسن حالته . وعندما يُلمَّحُ الى نتيجة يائسة ، فيجب القول ان المريض ، نظراً للاشارات البادية عليه ، سوف يموت ان لم يعالج . وقلما ونادراً ما تعتبر هذه العاقبة مما يمكن الفرار منه . في هذه الحالة يصف النص الدلائل ويعلن عن الموت ولكنه لا يصف اي علاج . وقد يحدث ايضاً ان يكون تدخل الطبيب محظوراً بشكل قاطع كما ورد في هذا النص : إذا كان رجل ما يشكو من اليرقان الخطير ؛(عاهازو Ahhazu)[1] ،وإذا كان رأسه ووجهه وكان جسمه وأصل لسانه ، كلها سوداء، فالطبيب لا يمد يده على هكذا مريض : لانه سيموت ولا يستطيع الطبيب شفاءه.

وعلى الرغم من اننا نستطيع وبحق اعتبارهم مسئولين عن تشابك المستندات الطبية والسحرية فان للمجمعين الاكاديين فضيلة محاولة ادخال قليل من التنظيم المنطقي في المجموع الضخم المكون من النصوص الاستطبابية . فالعديد من اللوحات نظمت من قبلهم في سلاسل منتظمة تشكل نوعاً ما مجموعات متميزة والى حد ما متخصصة . وتعتمد غالبية هذه المجموعات ، كمبدأ تصنيفي ، التحديد الموضعي الجسدي للمرض .

وهناك عدد اقل من المجموعات يستند الى هذا المرض او ذاك . ومن بين مجموعات النوع الاول ، خصصت السلسلة الاساسية للجمجمة وللوجه . وهي تعطي اهمية كبرى لاوجاع الرأس وللصداع والى القفزات الوجعية في منطقة الصدغ . والعديد من المعالجات تتسم بالسحر لان الاكاديين كانوا يفترضون ان شيطاناً ، وهو الطيف او الشبح ، هو في اساس هذه الاوجاع . ولكن الى جانب العَصْبات السحرية والتعاويذ هناك ايضاً اشارة الى ضمادات ومراهم مسكنة . ونجد نفس الازدواجية في المعالجة في الفصل الاخير من المجموعة ، التي تتناول امراض الجلد المشعر والقَرَع وسقوط الشعر المبكر وبياضه والقمل .

وهناك مجموعة اخرى تتعلق بالاذنين . فاذا كان هناك طنين وصفير في الاذن فهو يعزى الى الخيال ولا بد عندها من تدخل الراقي ، وبعض الحالات المرضية مثل وجع الاذن الخارجي والداخلي ، والتقيح ، أو الرسوبات، كل ذلك كان يعالج بواسطة لصقات زيتية تقطر أو تقذف. ويعطينا المقطع التالي مثلاً على ذلك :

« إذا شكىٰ رجل من اذنيه تأخذ ماء الرمان وعطر الكاوشير (opoponax) يرطب بهما شبه نؤ يبة توضع في الاذنين . ويتم ذلك طيلة ثلاثة ايام . وفي اليوم الرابع تسحب القيح من داخل الاذن

---

(1) في الكلمات الاكادية يعني حرف u = ou .

وتنظفها بعناية . وعندما يخرج الصديد نقطة نقطة تسحق حجر الشب ثم بواسطة قصبة تنفخ المسحوق داخل الاذن » .

اما المستندات حول طب العين الاكادي فكثيرة نسبياً . وهناك قسم منها يتسم بالسحر الذي يتهم هنا ايضاً يد الشبح . ولكن المستندات التي تعزو هذه الاضطرابات الى الهواء والجفاف والغبار ولقاح الازهار كثيرة . اما الاشارات والدلائل ، فعندما لا تكون مجهولة ، (إذا كان الانسان مريضاً بعينيه) فهي تحدد ان عيني المريض مملوءة او موشحة بالدم ، او هي دامعة او ملتهبة او صفراء مثل النحاس . وتشير هذه المستندات ايضاً الى الاضطراب في الرؤية (العمى المؤقت ، الغشاوة ، الشرارات الانبهار او اللمعان) وتشير اخيراً الى وجود التقيح فوق مقلة العين . وان نحن تركنا جانباً التعاويذ والربطات السحرية المستعملة يومئذٍ من قبل المعوذ ، نرى ان الطبيب يستعمل المراهم والقطرات وحمام العين .

ومن بين المستحضرات التي يصفها الطبيب ، غير عدد من التوابل النباتية التي يكثر فيها الستوراكس styrax،[شجر اللبنى]، وهو نبات عطري ، يشار الى استعمال الدهنيات وحدها او مع مسوغ او مع مطيب ، ثم استعمال المواد شبه المعدنية مثل الملح والنحاس ومشتقاتها والانتيموان والزرنيخ ومشتقاته ، وأوكسيد الزنك والحديد الخ . وفي بعض الاحيان يطلب الى المريض عدم التعرض للهواء طيلة المعالجة او في حالة الانبهار ، وان يبقى في غرفة مظلمة يسكر عليه الباب فيها .

وبعد عدة مجموعات من النصوص المشتتة او المجمعة نعثر على سلسلة تتركز على إصابات الجهاز التنفسي ، وعلاج الرشح المقرون بنزيف رئوي مروراً بالاحتقانات والتهاب الرئة والمجاري التنفسية . والمتحصل من قراءة هذه النصوص هو غلبة الصفة الطبيعية على الوسائل الاستطبابية المستعملة . ان الادوية الاكثر استعمالاً تتألف من وصفات مهدئة وكمادات مصرفة وادوية للاستفراغ او للاستنشاق التنفسي . وهذه على سبيل المثال وصفة ضد السعلة : تغلي قطعاً خضراء من الارنوكلوس arnoglosse، ثم تخلط الماء المغلي بالحليب المحلى وبالزيت النقي ، ويشربه المريض على الريق فيشفى .

وهناك العديد من الوصفات تهم المرضى بالرئتين أو الذين يشكون من احتقان الرئتين . نطببهم بالضمادات وبالمصرفات مثل حب القنب وحب الفلفل وزيت التربنطين والاندروبوغون . وكما هو الحال بالسعال تستكمل هذه الاستطبابات بتنظيف الفم وبالتدخين او بالابخرة التي تستنشق من المنخرين وبالقطرات .

وهناك عدد من اللوحات تعالج امراض الكبد . وللدلالة عليها ، كان يكتفى بالقول ان المريض يشكو من الصفراء. وفي مكان آخر يقال توضيحاً : انه يأكل ويشرب بشكل طبيعي ولكنه يشكو من ازمات اختناق واحتقان في الوجه ، او هو يشكو من اوجاع في الرأس او في القذال وباوجاع في الخاصرة وفي الرجلين الخ .

وعدا عن هذه الاوصاف العامة تذكر المستندات عبارات متنوعة مثل الاحتقان الصفراوي او تشقق الجلد الكبدي المقرون بعرق غزير ومنهك . في هذه الحالات الكثيرة الوقوع تكثر آلام الرأس والرجفة .

اما المعالجة فتقوم في اغلب الاحيان على الاستفراغ او الشربات تعطى بشكل شراب سائل او حقن او تحميلة ، عناصرها في اغلب الاحيان الملح والكمون والصبر والتربنطين والمردشوش . وعندما يتدخل الراقي يضاف الى الدواء التعويذة من مختلف الانواع .

وكان الاكاديون يسمون الريقان « المرض الاصفر » وكان مظهر العينين الاصفر يكفي في اغلب الاحيان لاجراء التشخيص. وإذا كان الطبيب في مثل هذه الحالة قد وصف اضافة مسحوق تمر الهندي، فيعالج اليرقان بواسطة الجرعات المسهلة في اغلب الأحيان وهناك شكل حاد وسيء من اليرقان يسمى باسم الشيطان « حازو ahâzu » وقد كان يعتبر غير قابل للشفاء وذا عواقب سيئة ومميتة .

وهناك مجموعة مهمة من النصوص تدرس امراض الاعضاء التناسلية . وهي تدرس موضعياً ودون البحث في اسبابها المرضية : فالسيلان او التعقيبة تعرف بمظهر وبتكوين البول : ابيض سميك يشبه ماء البيرة او الخمر او الدهان او بول الحمار . ولكن الطبيب يذكر احياناً كمؤشرات اضافية المأ في القضيب وفي الخواصر وحبس البول وظهور الدم بعد التبول ، وبعض الحريق الموضعي ثم السيلان ثم العجز ثم الاستمناء الدائم . « وهناك معالجات عديدة تتعلق بما يسميها الاكاديون اختناق المجرى اي ضيق مجرى المبولة . ولم تَخْفَ على الاكاديين العلاقة الممكنة بين هذه الامراض وتضخم البروستات ، اذ يذكر احد المقاطع قبل وصف المعالجة امكانية لمس المخرج بصورة سابقة على وصف الدواء. وكذلك من المفيد ان نشير الى ان عدم الدلائل الوارد في المستندات يتميز بالعمومية : المريض في قَطَنِهِ « صُلبه » يشعر بتعب دائم ،يفقد الذاكرة في كثير من الاحيان ، ويشعر بالكابوس وبالخفقان ولا يستطيع الراحة لا بالليل ولا بالنهار » .

وفي نفس مجموعة النصوص هناك ذكر لهبوط في المستقيم ، وحصوات ورمل . تعالج هذه الأمراض كلها معالجات مختلفة ، فتوصف شرابات او حقن او تدليك او زرقات في مجرى البول بواسطة انبوب من البرونز ينفخ فيه الطبيب بفمه . وليست صيغ الادوية والعلاجات اقل تعقيداً اذ يدخل فيها الصمغ والمر والجلبانة والصبر ونترات الصوديوم والشبة وقشرة البيض والزيت .

اما الحقن فبواسطة ماء الخردل (moutarde). واما العناية بالحصى فغايتها تذويبها . وكثيرة هي اللوحات التي تعالج امراض المعدة. ولكننا نتركها جانباً لان الكثير من اسماء الامراض المذكورة فيها غامضة . وفي كثير من الاحيان يصعب علينا توضيح معنى كلمة «لبو libbu» التي تعني في الاكادية القلب والبطن والاحشاء . وعلى كل نرى فيها ذكراً لعلامات منها التهاب الاحشاء والمغص المعوي والانسداد والجريان والدوزنطاريا . اما المعالجات فهي اما سحرية واما طبيعية .

وبالمقابل فان المجموعة المهمة جداً من النصوص التي تعالج اصابات الداخل : مثل النزيف المخرجي والبواسير والناسور وعواقب الاكتام فتستحق الانتباه بصورة خاصة . ولا نعثر في اي من هذه المستندات على اي ذكر للدين او للسحر . وكل حالة تعالج بصورة موضعية . اما التطبيب ، وهو طبيعي دائماً ، فيقوم على استعمال الضمادات والمراهم الملينة والتحاميل والغسل المنعش الخ .

وها هي احدى هذه المعالجات :

« اذا كـان رجل يشكـو وجعاً في داخله ، وإذا كـان النوم يستعصي عليـه ، واذا كان يستيقظ بصورة دائمة في الليل وإذا كان يشكو في النهار: تغلي بالبيرة ثلث حقة من الساليكورن salicorne او الاشنان ومثلها من الخل القوي وخمس ملاعق من الملح ومثلها من الامي ammi وترمي الكل بالزيت ثم تسقيه هذا المستحضر ». وهناك مقطع آخر يعـطي هذه التعليمـات من اجل معـالجة البـواسير : « تغلف اصبعك برقاقة وتغمسها في العسل ثم تفرك بقوة الى ان يسيـل الدم . وعنـدما يتـوقف الدم تمزج الشمع بالساليكورن salicorne ثم بالنيجل nigelle (الشونيز) الذي كنت قد طحنته سـابقاً . وتضع من الجميع تحميلة تدخلها في مخرجه ».

وهناك مجموعة اخيرة من النصوص مخصصة لعلاج الاطراف السفلى. اما الدلائل المذكورة فهي متعددة ومتنوعة مثل قفزات الالم ، ثم البثور ثم التشققات ثم الخدر الخ ومرة واحدة فقط كان السبب لهـذا اصله غير طبيعي : وطَـأ مكانـاً مرَّ فيـه الشيطان ربيشـو râbisu . هذا يحـدث لـدى المريض آلامـاً في الرجلين بحيث لا يستطيع المشي ولا حتى النهوض ، ويقترن هذا بارتجاف في كل الاطراف . ولكن من بين هذه الأمراض تبدو الامراض الاكثر اهمية هي التي يسميها الاكـاديون مـرض الثقل او التضخم كابارتو Kabartu، وانتفاخ الوريد سغالو sagallu. في الحالة الاولى كان يقصد استسقاء شريان الفخذ او ما يسمى بالورم الفطري. والتعبير، في الواقع ، يجب ان يكون اكثر عمومية اذ يطبق على امراض متنوعة تظهر بشكل ورم في الرجل كما في الفخذ .

ويرد احياناً ان الوجع قد يصل الى العظم ويقتضي عندئذٍ معـالجة عميقة ، وعندما يولد قيحاً فتشخيصه محكوم بالسوء. وفي بعض الاحيـان فقط قد يُسبب الكـابارتـو Kabartu أو الـورم بفعـل ارتكاب المعصية او المحرم : فالمريض ، يكون بدون أن يعرف قد مشى على مياه تطهير او فوق مكان مقدس .

اما مرض « سغالو » او انتفاخ الوريد ، فهو يمثل بحق النقطة او النقرس . والدلائل تتركـز لا على القدم فقط بل على كل الطرف الاسفل حتى الركبة . وهذه الدلائل قد تكشف ايضاً عن المخالفة غير المقصودة لامر ممنوع ، بحيث تكون المعالجة المطلوبة اما طبيعيـة (فرك ، تـدليك ، حـمام) وتارة تكون سحرية .

وإذا كانت السلاسل التي ذكرناها بايجاز تقوم على مبدأ تصنيفي هو المكانية الجسدية للدلائل ، فإنه يوجد في الادب الطبي الاكـادي، مجموعات اخرى من النصوص تجمّع سنداً لنوع المرض او سببه المحتمل . وعلى كل حال يظل هذا التوزيع اقل منهجية من التوزيع السابق ويبقى أكثر عمومية ، ولا يقوم الا على بعض التقسيمات الكبرى التي اهمها التالية : علامات تدل على المس الشيطاني (وبصورة خـاصة يـد الشيطان) اضـطرابات تُعـزى إلى الشعوذة او اسبـاب مشـابهـة . ظـواهـر بـاتـولـوجيـة pathologiques مرضية متميزة بظاهرات شلـل جزئي او عام . عوارض جلدية وامراض جلديـة ، حُميّات وخاصة الحمى المسماة حمى النشاف .

ولولا القليل لوجدنا في هذه النصوص نفس الاتجاهات العامة الواردة في المجموعات المدروسة

سابقاً . وهذه السلاسل ليست الاّ تجميعاً غير منتظم للدلائل وللمعالجات المذكورة في الكتب الاخرى .

الجراحة - تعتبر الجراحة احد فصول الطب الاكادي الذي لا نعرفه تماماً . وأن اي كتاب لا يكشف لنا عن المبادىء واي نص لا يصف لنا العمليات . نحن نعرف من خلال قانون حمورابي ان الجراحين في ذلك الزمن كانوا يعيدون الاعضاء المكسورة الى مكانها بمهارة ، وانهم لم يكونوا يترددون بالقيام بالعمليات الخطيرة التي بها تتعلق احياناً حياة المريض ، ولكننا نجهل كل شيء عن اساليبهم . وفنهم إذا كان يتطلب معارف جدية بالتشريح فلا يشكل علماً يمكن تعلمه في الكتب . والطبيب الشاب كان يتعلم بالتجربة العيادية اسرار العمليات من معلمه وقد وردت مقاطع نادرة ذكر فيها عرضاً كلمة السكين البرونزية او الحربة او المشرط . وهذه العبارات تسمح بان نتصور الجراح وهو يمارس فنه . ويذكر قانون حمورابي عملية جراحية دقيقة بجانب العين . وفي مكان آخر يستفاد من الاشارة الى المشرط والى محجر العين المتجمد بان العملية المسماة عملية الانسداد « الكتراكت cataracte » كانت معروفة . وتشير النصوص الطبية مرتين او ثلاثاً على عمليات الكحط في حالات بدت فيها القرحة وكأنها قد اصابت الغشاء العظمي .

كما ورد ذكر لإزالة دمل في الكبد ، كما اجريت عملية لإزالة ذات الجنب الصديدية ، فوق الفقرة ما بين الضلعين الثامن والتاسع . وهذايوحي بالعناية التي عقبت العمليات . وعلى الرغم من اننا لا نحوز اية بينة مكتوبة فبإمكاننا الظن بان عملية ثقب العظام كانت معروفة وتمارس إذ وجدت ثلاث جماجم لجنود آشوريين ، عثر عليها في لاكيش Lakish، وكانت تحمل اشارات من هذا النوع . واخيراً يمكن الظن بان العملية القيصرية كانت تُطبق وذلك من خلال اسم ولد « انتزع من بطن امه » .

مبادىء الطب البابلي -: إذا كان من السهل نسبياً رسم صورة وصفية للممارسات الطبية في ميزوبوتاميا القديمة ، فإنه من الصعب تعريف المبادىء التي كانت تحكم هذه الممارسات .

وبعد قراءة النصوص لا بد من اجراء ملاحظة اولى وهي ان علم دلائل الامراض كان بالنسبة للأكاديين علماً دقيقاً قائماً على الملاحظة وعلى الوصف الكامل ما امكن للإشارات الظاهرة على المريض .

وبامكاننا ان نقول ايضاً ان « المصور العيادي » كان له في نظرهم اهمية اكبر من اهمية المفهوم المجرد للمرض . ومن جهة اخرى من المؤكد انهم فهموا ضرورة تفسير هذا المصور او البيان العيادي اي كيفية تجاوز معطيات التجربة من اجل صياغة عدد من الفرضيات تسمح لهم بتقييم مؤشر أو دليل تقييماً صحيحاً .

وأول تمييز كان يفرض نفسه على افكارهم هو التمييز بين اليمين (الخيّر) وبين اليسار (السيء) .

وكان هذا التمييز هو القانون الاكبر في عملية التنبؤ . فقد كان هذا التنبؤ يبدو احسن انطباقاً على تفسير الدلائل العيادية ، كل ما كان عدد الاعضاء المزدوجة اكبر وكلما كانت بعض الدلائل تتمتع فعلاً بقيمة خاصة من جراء مكانيتها الى اليمين او الى اليسار . ثم انه لم يكن من النادر ، وبصورة

خاصة في « كتاب اوصاف الامراض »، ان ينظر الطبيب ، وهو يترصد علامة في قسم مزدوج في الجسم ، ان ينظر على التوالي اليمين واليسار ثم الاثنين معاً . وقد يحدث ان يوسع هذا التفريق ليشمل فحص عضو منفرد فيميز فيه ، بصورة كيفية في الغالب ، القسم اليمين عن القسم اليسار ، ثم عن السطح باكمله .

ولكنا عندما نقارن بين الاستنتاجات التي يستمدها الطبيب ، نلاحظ ان هذا المبدأ التفسيري فقد في الطب حكميته الاوتوماتيكية التي كانت له في عملية التنبؤ . والتمييز بين يسار ويمين ينقلب في الطب الى دقائق بسيطة غالبة ، وفي بعض الاحيان يرد حرفياً بان لا يؤخذ له اي حساب .

وتفرض الملاحظة ذاتها نفسها بالنسبة الى مبدأ تفسيري آخر هو رمزية الالوان ، المحترمة تماماً في السحر كما في الكهانة او العرافة . وإذا كان الطب يعطي لمبدأ الرمزية من الناحية النظرية الخالصة بعض الثقة ، فإنه يميل اكثر فأكثر ، الى اخضاعه لدروس التجربة؛ فيصبح البياض امتقاعاً ، والاحمرار علامة الالتهاب ، واللون الاصفر دلالة على الاضطرابات الكبدية الخ .

وفي اغلب الاحيان يوجه الطبيب فرضياته الى اتجاهات اخرى . فنراه هكذا يحاول تعريف العلاقة التي يمكن ان توجد بين عدة اشارات عيادية ، كاللحظة من اليوم او من الليل حين لوحظت هذه الاشارات . وكون الطبيب يمسك للمريض بالحمى بيانين او لوحتين صحيتين ، واحدة في الصباح والاخرى قبيل المساء يدل على انه قد لاحظ ان بعض الحميات تبدو في المساء وكأنها في مرحلة الهجوم وانها في الصباح في مرحلة الانحسار الطويل او القصير الاجل ، وهذا يفترض طبعاً ان الدلالة يمكن ان لا تكون الاّ ظاهرة ثانوية ، عامة .

وعندها يحاول الطبيب ان يعثر على اللحظة التي هي البداية الحقة للمرض ، او نقطة فعله الاساسية . وهذه النقطة قد تكون سابقة على ظهور العلامة المرئية ، ويمكن ان تكون الاخرى غير متزامنة مع توقيتها الظاهر .

هذه الاهتمامات ، تحمله [اي الطبيب] على اعطاء اهمية كبرى لتطور المرض . وهناك لوحتان على الاقل « في كتاب دلائل الامراض » تلفت انتباه الممارس الى ما يحدث في اول يوم من ايام المرض ، وفي الايام التالية حتى اليوم السادس ، وفي الشهر الاول وفي الشهر الثاني ثم في عدة ايام متتالية .

وفي مكان آخر يرد ذكر للخصوصيات التي يمكن ان تُلاحظ في البداية او في المرحلة الاساسية من المرض ، اثناء تفاقمه او عندما يوشك على الانتهاء. وفيها ذكر خاص لحالات التحسن او التفاقم التي يمكن ان تحدث اثناء النهار او اثناء الليل ، عند مغيب الشمس او عند الفجر ، او في لحظات اخرى من النهار . واخيراً يحسب حساب ، وبعناية كبرى للتغيرات السيئة التي تحصل في بعض الامراض وبتأثير معين .

ويبدو الطبيب الاكادي وكأنه قد استخلص من هذه البحوث عدة مفاهيم مهمة في نظره . مفهوم النهار ، او الحقب الحرجة ، ثم مفهوم المراحل المتتالية للمرض الواحد واخيراً مفهوم زوال الالم . ومن مفهوم المراحل نجد مثلاً جيداً في هذا الوصف الذي ينطبق على اربعة انواع من الحمى :

« في بداية المرض ومنذ اللحظة التي يأخذ فيها المرض بالمريض ، إلى حين توقفه ، إذا أحسَّ،

المريض بصورة مستمرة بالحرارة المستمرة او ايضاً بالبرد ، بحيث تكون الحرارة بقوة البرودة وإذا من جديد سخنت اطرافه ـ، بعد زوال الحرارة ، العرق ـ سخونةقوية كالحرارة السابقة ، ثم اخذت هذه الحرارة تزول ايضاً ، وإذا احس بعدها بالبرد ثم اذا عرق بدنه : (وبعدها يأتي ذكر لاسماء اربعة حميات) » .

لواحدة من هذه الحميات » المسماة » « تئوو ti'u » نجد وصفاً ، في مكان آخر، لمراحل اخرى خاصة بها :

صداع قوي ، واضطراب بشكل وجع بطني ضعيف وقصير المدة ، بحيث ، إذا قرّبنا بين هذه المراجع المتنوعة ، نحصل ، على ما يبدو ، على ملاحظة دقيقة نوعاً ما لمختلف مراحل حمى الملاريا .

اما مفهوم انحلال المرض فيمكن ان يستدل عليه بالمقطع التالي : « إذا مرض انسان طيلة خمسة ايام ، ثم في اليوم السادس سال الدم من فمه ، فذاك يعني ان مرضه قد انحل : وهو مرض الجفاف » .

والانتباه الذي يعطيه الطبيب لتفسير الدلائل ربما جره في بعض الاحيان الى اتباع سبيل التشخيصات التفاضلية وذلك بمناسبة الامراض المتشابهة ظاهرياً . من ذلك ما يقترحه الطبيب البابلي من اجل التفريق بين الازمات التشنجية العصبية : « إذا كان عنق المريض يدور بدون توقف نحو اليمين . وإذا تشنجت يداه ورجلاه؟ وإذا كانت عيناه مغلقتين مضطربتين ، وإذا كان الزبد يسيل من فمه ، وإذا كان يشخر فهذه ازمة شديدة haut Mal». وإذا ظل ذهنه صافياً عندما تأخذه الأزمة فإن مرضه الأكيد هو ما ذكر . وفي حال العكس ، إذا فقد وعيه عندما تأخذه الأزمة فالتشخيص غير اكيد » .

ويبدو اذاً انه ، في مجال علم دلائل الامراض ، اظهر الطب الاكادي ، ـ بفضل اهتمامه بالملاحظة التجريبية ، وبفعل جهده من اجل تفسير الدلائل العيادية بشكل موضوعي التفاتة اكيدة نحو الفكر الوضعي .

والموضوع يبدو اكثر دقة فيما يتعلق بمفاهيم « علم مفاهيم الامراض » « وعلم التشخبص » . فاسماء كثير من الامراض تبقى غامضة بالنسبة الينا ، كما ان الحالات المرضية المقبولة لدى الاكاديين لا تنطبق ، الاّ بصورة ناقصة ، على الحالات الفردية المتعلقة بتصنيف الامراض كما هي واردة في كتبنا . من ذلك مثلاً ان وصف الصرع او داء النقطة فيه ملاحظات غير لازمة في حين ان امراض اخرى فيها التباس جزئي مع الهستيريا . كما ان الطبيب القديم يضع تحت اسم « حمى الجفاف » دلائل متنوعة بشكل ظاهر .

ويتوجب ان نكون شديدي الحذر عندما نحاول ان نعرِّف ماذا يقصد الاكاديون بسبب المرض . لا شك انهم يقرنون بعض الدلائل ببعض الظواهر فوق الطبيعية : مثل الغضب الالهي او فعل الشيطان او اباطيل السحرة او مخالفة المقدسات الخ . . . انما يجب أن لا تظن ان هذه الملاحظات تعبر دائماً عن علاقة كعلاقة السبب بالمسبب او النتيجة . اذ ان هذه الملاحظات تشير ببساطة الى فكرة الوسط المساعد ، والى الشروط الحاسمة ، والى الاستعداد للمرض ، هذا إذا لم تكن مجرد تأملات لا معنى لها . ويبرز هذا بشكل خاص في التعابير المتعددة مثل « يد الله او يد الآلهة »، والتي نعثر عليها

خصوصاً في « كتاب اوصاف الامراض ». هذه الايدي الإلهية واكثرها يد عشتار Ishtar، تدل على مؤشرات خاصة اكثر مما تحدد ماهية الامراض . وهي تدل على علاقة مفترضة بين الآلهة من جهة ، وبين مكان ولون ، ومظهر ، الاشارة العيادية .

ويختلف الامر على ما يبدو فيما يتعلق بالشياطين . فهي تضرب وتمسك وتمس الانسان الذي يتعرض لها بصورة عرضية . ولكن يمكن التساؤ ل : اليست هذه التسميات وهذه الكلمات مجرد تعابير في اللّغة الدارجة . وعندما نحاول التدقيق عن قرب في النصوص، لجهة ما له علاقة بالاصل « فوق الطبيعي » للامراض فإننا نصطدم بالغموض الكبير وبالعديد من التناقضات . وعلى كل حال ، ان مثل هذه الملاحظات هي ابعد ما تكون عن ان تشكل نظرية عامة حول الامراض . ويكون من الاسهل علينا ، ان نحدد ، في الادب الطبي ما هو فوق الطبيعي : مثل الصداع العنيد ، ومثل الاوجاع في قفا القذال، ومثل الطنين في الاذنين ومثل العوارض العصبية ، ومثل بعض الاشكال العنيفة من الشلل .

كل هذه يمكن ان تدل على تدخل من قبل الشياطين . اما السحر فساد الاعتقاد باكتشاف مفاعيله في آلام الاحشاء، واضطرابات الكلام وفقد الشهية للطعام،والعجز، وسيلان الريق والسهاد والخوف بدون سبب .

مقابل هذا ، كثيرة هي الوقائع المرضية التي لا يفترض لها اي عامل غير طبيعي . فالكثير من الامراض كان لها سبب طبيعي واضح : فيزيائي : برد ، جفاف ، غبار ، هواء ، وخم وتعفن الخ . ، او فيزيولوجية : اضطرابات في التغذية ، امراض كبدية ، رمال او داء حصوي ، عدوى زهرية ، تفاعل غرغريني اكال انتانات miasmes الخ .

وفي كتاب أوصاف الامراض بالذات ، والذي يظهر فيه التنظير جزئياً ، يمتنع قسم كبير من التشخيصات عن ذكر الأمر فوق الطبيعي . ثم ايضاً يتوجب ، في القسم الآخر عدم الاهتمام الاّ ببعض اسماء الشياطين او الايدي الإلهية التي نعرف انها اصبحت مجرد تسميات اتفاقية شبيهة بما نسميه نحن حتى اليوم « بالمغص الزُحلي » .

واكثر من ذلك ايضاً ، هناك ، غير هذا التفريق بين الطبيعي وغير الطبيعي ، وهو تفريق لا يفرض نفسه على الفكر البابلي اطلاقاً ، هناك اعتبار آخر يبدو لي رئيسياً . فمنذ ان يفترض الطبيب بان المريض واقع ضحية السحر او انه تحت سلطان شيطان ، فإن المعالجة التي يصفها هي دائماً معالجة طبيعية .

ويبدو انه يترك للمعوِّذ مهمة تأمل اصل الداء . اما هو فلا يهتم الاّ بالاثار الباثولوجية الاستطبابية pathohogiques ، وذلك سنداً للإضطرابات التي يراها وعلى اساسها يجري معالجته .

وهذا يحملنا على قول بعض الكلمات عن علم الإجزائية البابلية . ساد الاعتقاد لمدة طويلة ان الصيدلانية البابلية كانت سحرية بصورة اساسية وانها كانت تستعمل ، تفضيلاً ، مواد مقيئة ومقرفة ، غايتها ، على ما يظن تهريب وتنفير الشيطان الكامن في جسد المريض .

الا ان ابحاثاً حديثة ، وخاصة بحوث ر . س . طومسون R . C . Thompson حول علم النبات

وحول الكيمياء وحول الجيولوجيا البابلية ، اتاحت تكوين نظرة اقل بساطة واكثر عدالة بالنسبة الى المشكلة . فلم يعد من المشكوك فيه اليوم ان اغلب النباتات ، واشباه المعادن المستخدمة من قبل هذه الصيدلانية ، كانت تستعمل بسبب خصائصها الطبية ، مثل الطرد والقبض والتسهيل والتقيؤ والتعريق الخ وتعقيدات الوصفات لا تتيح لنا دائماً تبرير الاسباب التي تحكمت بتركيب الادوية . ولكن بدون الدخول في تفصيلات اعدادها نلاحظ تكرار وتواتر عدد من التركيبات الاولية . فقد ورد ذكر لمثاني (binômes) ومثالث (trinomes)صيدلانية مثل : « كوكرو ـ بوراسو — kukru burâs » أو « أرغانوا ـ سيحو ـ باريراتو argânu — sîhu — bariratu » وهي صيغ امتيازية حقة يصعب علينا مع الأسف تحديد كل من مركباتها .

ورغم ذلك يبقى اننا نكتشف في النصوص الطبية استعمال مواد غريبة على الأقل او هي من باب الافرازات الجسدية . وفي بعض الظروف التي يغلب فيها الطابع السحري على الطابع الطبي ، لا شك ان استعمال هذه المواد كمشروبات مُرة او مدخنات قارصة او ضمادات مقززة ، كان يقصد بها فعلاً طرد الشياطين من جسم المريض . انما يجدر ايضاً بنا ان لا نعمم . فبعض هذه المواد مثل البول او قشر البيض او دم الطيور الخ . ربما تكون قد اختيرت بسبب صفاتها الفيزيائية او الكيميائية . وهناك مواد اخرى تدخل في الصيدلية الشعبية ، انتقلت الى الطب الاغريقي ، وما تزال حتى ايامنا مقبولة في الارياف .

ويجب ايضاً الالتفات ، الذي لا يجوز اهماله ، الى التسميات السحرية او الرمزية الخيالية . فاللوائح المتعلقة بمعجمية الكلمات تدلنا ان « الجمجمة البشرية » هي احد اسماء التماريس Tamaris ، وان العظم البشري يعني « شجرة الاثل » (Assa — foetida)، وان « النطفة البشرية » هي المطاط adragante ، وان « الشحم الاسدي » هو الافيون وان « الخروج البشري » هو اسم لنبتة لم تعرف بعد .

والمعرفة الأكثر عمقاً للمعجمية الصيدلانية تمكننا من غير شك من تطويل هذه اللائحة . واخيراً وبصورة خاصة ، يجب ان ننتبه للواقعة ان عدد هذه التوابل الغريبة او المقززة ضئيل نسبياً إذا قورن بمئات الروائح والزيوت النباتية أو المواد شبه المعدنية ، والتي نعرف اليوم انها كانت مستعملة من قبل الاكاديين بسبب خصائصها الاستطبابية .

ومهما يكن من امر يجب علينا ان لا ننسى ان البابليين ، في كل الشرق الادنى القديم ، كانوا مشهورين بمعارفهم بالاعشاب ، سواء كان ذلك في مجال الصيدلة او في مجال اعداد العطورات والمراهم . والروائح الاثيرية الطبية كانت موضوع تجارة ناشطة جداً . وزراعة النباتات والاعشاب ، ان نحن صدقنا بعض النصوص ، كانت تُعطى الى بساتنة متخصصين وربما كانت منظمة من قبل السلطات الادارية المحلية . ومن الامور ذات الدلالة ، ان الاسم الاكادي لبعض النباتات الطبية قد اخذته العصور الكلاسيكية الاوروبية ، وبهذا انتقل الى الصيدلة الحديثة .

IV ـ الرياضيات [1]

ان المعارف التي تيسرت لنا عن الرياضيات الميزوبوتامية هي نسبياً حديثة العهد . ودراستها المنهجية تعود الى اعمال « أو . نوجيبور O. Neugebauer » (1935) « وفر . تورو ـ دانجين » Fr. Thureau — Dangin » (1920 — 1938) . وبوجه عام يمكن تصنيف النصوص الرياضية البابلية ضمن فئتين : الجداول العددية ولوحات المسائل .

والاولى منها قلما تختلف عن الجداول الحديثة : اعداد مرتبة بشكل اعمدة ، ومنظمة بحسب سلاسل تصاعدية او تنازلية ، مع هوامش واحالات من لوحة الى اخرى ، وتركيبات الخ . اما المسائل فهي مجموعات تمارين ، كما نجد منها في اواخر كتبنا المدرسية . مجموعات تعليمية ولا شك ، إذ في كثير من الاحيان ، يرد فيها ايضاحات لم يتضمنها نصّ المسألة ، ايضاحات يجب ان تعطى مشافهة للتلميذ . وليس من النادر ان تتضمن اللوحة نفسها عدداً كبيراً من النصوص والمعطيات المنفصلة بعضها عن بعض ، بخط بسيط او مزدوج . ولا يقل عدد المسائل في كل لوحة عن 247 كلها من ذات النوع ، إنما تختلف فيما بينها من حيث المعطى النموذجي ، وهي تحل بنفس الاساليب : وباللغة الحديثة نقول بان المعادلات لها نفس الشكل ولكن ارقامها تختلف .

نشير اخيراً ، في النصوص ذات الصيغة الهندسية ، الى وجود رسمات تقترن غالباً بشرح او تفسير عددي ، وهذه الرسمات تكون عادة بسيطة (اذ لا مكان هنا « للتركيبات » الجيومترية.) وهي تستخدم فقط لتوضيح النص المعطى . ولا تتدخل في الحل . وقد يحدث غالباً ان تكون النسب غير متطابقة : فقد عرف البابليون كيف يحسبون « صحيحاً » بناءً على رسمات خاطئة .

1 ـ اريتمتيكا (الحساب)

الترقيم ـ يتميز الترقيم البابلي بميزتين اصيلتين لا نعثر على مثلها في اي نظام من الانظمة القديمة : انه ترقيم مواقعي واساسه ستيني .

والترقيم المواقعي يتعارض من حيث المبدأ مع التراكم الذي كان اساس كل الانظمة القديمة والذي ما نزال نستعمله في الترقيم بالارقام الرومانية . في النظام المواقعي تتعلق قيمة الرقم بموقعه النسبي داخل العدد المكتوب . من ذلك ان العدد الذي نكتبه : 333. 3 تعني الاشارة 3 وبآن واحد الاحاد ، في المقام الاول وتعني 30 في المقام الثاني و300 و3000 بحسب موقعها المتتالي . وهذا الترقيم يتميز بتبسيط العمليات الاساسية وجعلها ميكانيكية . وهو يتيح ايضاً التعبير ببساطة عن الاعداد الكبيرة جداً وعن الاعداد الصغيرة جداً .

---

(1) ان الأقسام المخصصة للرياضيات ولعلم الفلك الميزوبوتاميين كتبها للطبعة الأولى ر. كاراتيني R.Carathini ، وقد عدلت وقُوِّمت بالنسبة إلى الطبعة الثانية من قبل . ي.م برنز E - M - Bruins .

نظام الترقيم

(0 : 𒑱)	6 : 𒐋	12 : 𒌋𒈫	60 : 𒁹	120 : 𒈫
1 : 𒁹	7 : 𒐌	20 : 𒎙	70 : 𒁹𒌋	180 : 𒐈
2 : 𒈫	8 : 𒐍	21 : 𒎙𒁹	80 : 𒁹𒎙	200 : 𒐈𒎙
3 : 𒐈	9 : 𒐎	30 : 𒌍	90 : 𒁹𒌍	etc.
4 : 𒐉	10 : 𒌋	40 : 𒐏	100 : 𒁹𒐏	
5 : 𒐊	11 : 𒌋𒁹	50 : 𒐐	101 : 𒁹𒐏𒁹	

في الاستعمال : 60 : 𒋗 (1 ŠU = حوالى الستين) — 100 : 𒈨
(1 ME = un cent) — 1.000 : 𒁹 𒇷 (1 LIM = ألف).

كسور : نظام علمي : 1/2 : 𒌍 (30/60) ; 1/3 : 𒎙 (20/60) ;
1/4 : 𒌋𒐊 (15/60) ; etc.
في الاستعمال : 1/2 : 𒈦 ; 1/3 : 𒑚 ; 2/3 : 𒑛 ; 5/6 : 𒑜.

صورة رقم 11 ـ الترقيم البابلي .

والحقيقة ان البابليين استعملوا النظامين . ففي النصوص غير العلمية نعثر على تجميع على اساس العشرات متضمناً اشارات عددية متمازجة وفقاً لمبدأ جمعي تراكمي . اما في النصوص الرياضية والفلكية فالترقيم مواقعي خالص ويرتكز على اساس ستين ، وهو اساس غير معروف في النظام العادي . وبصورة اوضح يترك هذا الترقيم القيمة الذاتية لوحدات الصف الاول ، ويضرب بستين (60) وحدات الصف الثاني ، ويضرب 60^2 وحدات الصف الثالث وهكذا دواليك .

ان العدد الذي يكتبه البابليون 3.2.7 يعني[1] :

$$(3 \times 60^2) + (2 \times 60) + 7$$

(1) في ما يلي ننقل الكميات الستينية ، فاصلين بنقطة ، بين مراتب الوحدات . من ذلك 3.0.21.11 يجب ان يقرأ ، في الترقيم العشري : $(3 \times 216000) + (21 \times 60) + 11$ نظراً لغياب وحدات المرتبة الثالثة (3600) . وفي حالة التعبير التكسيري يجب كذلك التأويل : $0,0.15 = \frac{15}{3600}$; $0.15 = \frac{15}{60}$ الـخ .

ونـرى اذن ان تـقـيـم الـوحـدة ب : 2,3,4,5,6 تـعـطي نـتـائـج : 0,30; 0,20; 0,15; 0

والترقيم البابلي يشكو من ثغرتين . من جهة داخل كل سلسلة من الوحدات يتم الجمع بالعشرات . واذاً فالترقيم هو من نمط تراكمي ، لأن الاشارتين الوحيدتين المستعملتين هما الآحاد والعشرات .

ومن جهة اخرى لم يستعمل هذا الترقيم الصفر الاّ في الحقبة السلوقية وفي النصوص الفلكية فقط . ولكن في العصر المتقدم لا توجد دلائل تشير الى استعمال الصفر في آخر العدد. والفلكيون البابليون الذين كتبوا (1.0.25) لم يكتبوا (0 . 25) وإذاً يتوجب الحذر من الاستنتاج الرامي الى التشبيه الوظائفي بين صفرنا والصفر البابلي . اذ قبل اختراع الصفر البابلي كانت الحاجة الى الاشارة الى المراتب الناقصة موجودة ومحسوسة ، منذ الحقبة البابلية العليا . وبعض اللوحات المتعلقة برسم الارقام تترك بياضاً في المكان الذي وضعت فيه فيما بعد اشارة الصفر ، المشتقة من اشارة الفصل . ومهما يكن من امر يترك غياب الصفر في النصوص وفي الحقب التي لم تشر اليه ، نوعاً من الغموض حول القيمة المطلقة للوحدة التي قد تعني بآن واحد : 1 كما تعني1.0 (= 60) أو 1.0.0 (= 3600) او اكثر ايضا . وهذا الغموض لم يكن مع ذلك مسببا للضيق ، بالنسبة الى المحاسبين البابليين لأن ترتيب تعاظم المعطيات ظل دائماً حاضراً في اذهانهم ولكن هذا الغموض شكل عائقاً اضافياً حال دون فهم ارقام النصوص الرياضية .

ان العدد من مثل 1.20.1.1 يمكن ان يقرأ على احد الأشكال التالية

- اما 1.20.1.1 $(1 \times 60^3) + (20 \times 60^2) + 60 + 1 = 288\,061,$
- واما 1.21.1, $(1 \times 60^2) + (21 \times 60) + 1 = 4\,861,$
- واما 1.22, $(1 \times 60) + 22 = 82,$

دون ان نحصي البدائل في هذه القراءات التي قد يدخلها ايلاج صفر او اكثر بين الاشارات العددية .

وحده الاطار الرياضي يتيح فصل المسألة وحسمها ، هذه المسألة التي يعقدها ادخال المراتب الكسورية ، مثل ادخال وحداتٍ يمكن ان يكون لها قيمة تساوي بحسب موقعها $\frac{1}{60}$ أو $\frac{1}{60 \times 60}$ الخ .

من الناحية العملية ، وفي كل المرات التي نفسر فيها نصاً رياضياً ، يتوجب علينا ان نجرب عدة مراتب من المقادير ، وان نتوقف عند القيم التي تتوفر فيها كل شروط الانسجام مع الاطار . في بعض الاحيان يبسط الشكل ، الذي تجمع به الاشارات او ايضاً دلالات الوحدات القياسية ، عملية التلمس . وفي حالات اخرى يجب اعادة حساب المعطيات بشكل كامل ، واحياناً يجب تصحيحها . فقد يخطىء الكتاب البابليون ، كغيرهم ، في الحساب .

وهكذا يبدو الترقيم البابلي ترقيماً مواقعياً ، إذا وضعت مسألة الصفر جانباً . وهذه الميزة اهم من الترقيم الستيني ، لانها دلالة على عمق فكرة العدد وعلى نسبيته . فضلاً عن ذلك يبدو الترقيم المواقعي والاساس الستيني مرتبطين تماماً . وكان السومريون ، على ما يبدو ، هم الذين اخترعوا النظام الستيني بعد ان حاولوا استعمال ترقيم ثلاثي ظل في حالة المشروع ، ودمجوا هذا النظام الستيني مع التجميع بالعشرات .

وخلال الألف الثالث اكملوا السلسلة البدائية 1 ,10 ,60 ,600 ,3600 بأشارتين اخريين : الاولى تمثل 36000 والثانية تمثل 60^3 (يساوي 216000). ولكنهم اذا كانوا قد عرفوا العشرة فلم يبتكروا اسماء لتدل على 100 و 1000 . وعبروا عن المئة بهذا الرقم (40 + 60)وعن الرقم الثاني بـ (60مـرة + 40).

وبـواسطة الاشـارتين الاولـين من السلسلة ، 1 و10 ، كوَّن الاكـاديون نـظامهم البارع ، مع احتفاظهم بالنسبة الى النصوص العامية بالترقيم ذي النمط العشري .

وإذا كان من السهل معرفة كيفية ولادة التجميع بالعشرات عن طريق تعداد اصابع اليد ، فانه من الصعب معرفة كيفية فرض الوحدة الستينية على فكر السومريين . وقد طرحت بهـذا الشأن عـدة فرضيات . ولكن اية واحدة منها لم تكن حاسمة . (راجع بشكل خاص : ف . تورو ـ دانجين . F Thureau — Dangin « رسيمـة لتـاريـخ النـظام الستيني ، بـاريس 1932) . ومن اجـل اكـمـال وصف الترقيم البابلي نشير ايضاً الى استعمال معدات كسرية كثيرة ، ومنذ حقبة متقدمة جـداً ، مثل : $\frac{1}{2}$ و $\frac{1}{3}$ و $\frac{2}{3}$ و $\frac{5}{6}$. وكان استعمال الكسور مثل $\frac{5}{6}$ أو $\frac{2}{3}$ ، حدثاً اصيلاً في العصور التي سبقت العصر الكلاسيكي ، هذه العصور قلما عرفت كسراً غير الكسر الذي صُورته تساوي واحداً .

ومن بين نصوص سوز Suse هناك لوحتان A a وBb نجـد عليهما محـاولات ترقيم كسـور ذات « صـورة » وذات « مخرج » . وهـذه النصـوص احتـوت (7.2) للدلالـة عـلى السبعـين أي ($\frac{2}{7}$) ، و(7. 11) و(2 . 7 . 11) للدلالة على سبع الاحد عشر وعلى سبعي الاحد عشر . وكان الخوف من الالتباس مع اعداد النظام الستيني بارزاً للعيان .

علم المقاييس ـ فيما يتعلق بـوحدات القيـاس التي استعملها البـابليون ، سـواء في النصوص العلميـة ام في المستندات التطبيقية يمكن ان نلاحظ بعض الوقائع البارزة . في المقام الاول يدل المظهر المنهجي للوحدات ، وكذلك العلاقات بين « المضـاعفـات multiples» و « المضاعفات ـ الـدنيـا » (Sous — m ....) على اهتمام بالتنسيق الاريتمتيكي . المرتكز على النـظام الستيني . ومن جهة اخرى تظهـر الانظمة البابلية القديمة والحديثة فيما خص العلاقـات بين الـوحدات فـوارق بسيطة : واحـدث هذه الفوارق تظهر المضاعفات العشرية في حين ان معادلاتها القديمة هي دائماً ستينية . ويشـار احيانـاً الى وجود بعض الوحدات الكبيرة جداً ، ذات الاستعمال النظري لا العملي (مثلاً الوحدات التي تساوي بالمساحة : 38.880.000 م^2) .

وكانت الوحدات الثلاثة الاساسية هي الذراع في الأطـوال و « **كا** » لـلأحجام ، ومـين mine للأوزان .

ودراسة المسطرة المرقمة والمـوجودة فـوق ركبتي تمثال الأمـير السومـيري غوديـا Goedéa ، إذا اضيفت الى المعطيات التي حصل عليها المنقبون وهم يقيسون القاعدة الحـالية لبـرج بابـل ، في نص مسماري ، تعطي المسافات بمقاييس قديمة . هذه الدراسة كشفت بان الذراع يسـاوي تقريبـاً خمسين سنتم . وقد اعطى وعاء يحمل فوق عنقه اشارة الى سعته الرقم 8,4 دسل dl تقريباً كقيمة للكـا qa ؛ امـا وحدة الـوزن ، فقد كـان يكفي وزن مختلف الاثقال الموسومـة والتي عثر عليهـا بين الآثـار ، حتى نعرف ان (المين) mine يمثل (505) غ (g) .

وكانت مقاييس الطول تتعلق بمقاييس المساحة . اما الوحدة فكانت السار le sar او البستان Verger الذي يمثل مربع 12 ذراعاً او 36 ^{2}م . ولقياس مساحة الحقول كانوا يستعملون عادة قياسات زراعية ، لم تكن الا مقاييس سعة ، اذ كانت الارض تقدر بكمية البذار اللازمة لوحدة المساحة .

ويشكل مجمل القياسات المستعملة من قبل السومريين الاكاديين نظاماً مغلقاً للوحدات المختلفة فيه ، علاقة بسيطة فيما بينها . وكان هناك جداول مقارنة تتيح الانتقال بسهولة من نظام الى آخر . وكانت الركيزة الذراع . اما « القا qa» فتمثل جزءاً واحداً من اصل 144 جزءاً من الذراع المكعب . واما المين mine فيعادل وزن حجم من الماء يساوي جزءاً من اصل 240 جزءاً من هذا الذراع المكعب .

ودون الاشارة الى سلسلة كل التضعيفات والتضعيفات الدنيا لكل من هذه الوحدات نشير فقط ، وعلى سبيل المثال الى نظام الاطوال : ان التضعيفات الدنيا للذراع هي. الاصبع اي $\frac{1}{30}$ ، منه ، والامبان ampan» نصفه . والقدم ثلثاه . اما التضعيفات فهي العصا وتساوي ستة اذرع والحد يساوي 12 ذراعاً ، « والحبل » 120 ذراعاً والفرسخ (10,700 كلم) او 180 حبلاً .

ولم يعرف السومريون ولا الاكاديون النقود . ولكنهم استعملوا كأساس تبادل الشعير ثم أضافوا اليه النحاس والفضة والسبيكة واحياناً الرصاص . واستعملوا الذهب أيضاً انما بشكل نادر في زمن السرجونيين ، وفي سنة 493ق . م صدر امر من داريوس الاول Darius Ierفقضى بفرض العملة المسكوكة من الفضة للاستعمال في الامبراطورية الفارسية ومنها بابل .

جرد المعارف الحسابية [ارتماتيك] - : يقوم القسم الاعظم من مستنداتنا على الالواح العددية التي تعطي نتيجة الضرب والقسمة مباشرةً . وكان البابليون يجزئون عملية القسمة الى جزئين فمن اجل قسمة العدد الصحيح (m) بعدد آخر (n) كانوا يفتشون في الجداول على نقيض(n) ثم يضربون العدد (m) ب $\frac{1}{n}$ باعتبار الحاصل هكذا . وهذا الاسلوب يفسر دمج جداول الضرب وجداول النقائض .

وبهذا المعنى يلاحظ ان قسمة الوحدة على عدد (n) هي عملية بسيطة جداً ، اذا كانت مضروبات (n) هي ، (ذات الاسات القريبة) ذات العوامل التي تشكل اساس نظام الترقيم .

من ذلك، في النظام العشري، تكون قسمة الوحدة بعدد من النمط (2^{x} .5^{y})هي قسمة مباشرة . وكذلك في النظام الستيني البابلي يكون حاصل قسمة الوحدة بعدد من النمط ($2 . 3^{y} . 5^{z}$) : واقترح نجيبور Neugebauer تسمية مثل هذه الارقام بالارقام « المنتظمة » ولكنا عثرنا في بعض المستندات التي وصلت الينا بعض الجداول المتعلقة بالاعداد غير المنتظمة : ولكنا نجهل كيف كان الكتاب يتصرفون عندما تعرض لهم هذه الارقام في الحسابات (اللوحة YBC 10529) .

وتتضمن جداول الضرب حواصل الضرب بعدد n (عدد رئيسي) من العشرين عدداً الأول ، من ثلاثين ، من اربعين ، من خمسين (مما يكفي لاعطاء نتيجة ضرب (n)، بعدد ما بين 1 و60) .

وتنطبق الجداول المعروفة على الحالة التي يكون فيها n عدداً منتظماً (باستثناء حالة : n = 7) .

ونجد ايضاً بين هذه المستندات جداول بالمربعات وبالجذور التربيعية ، وبالمكعبات والجذور التكعيبية . وفي هذه الجداول تتناول الجذور دائماً المربعات او المكعبات الكاملة . ولكن البابلين كانوا يمتلكون تقريبات ممتازة لـ الجذر التربيعي 2 . وكان عندهم اسلوب لتنزيل او تخفيض الجذور التكعيبية غير الموجودة في الجداول .

1 ـ في ما يتعلق بالقيمة التقريبية للجذر التربيعي $\sqrt{2}$ = ...1,41214 ، تعطينا النصوص تقريبين :

أ ـ في اللوحة AO 6484 نحصل على $\sqrt{2}$ = 1,25 (ترقيم ستيني) = 1,416 (ترقيم عشري) . ونحصل على هذا التقريب بتطبيق المعادلة الهارونية [من Héron الاسكندري) :
$\sqrt{a^2 - b} = a - b/2a$ حيث $a = 1{,}30$ و $b = 0{,}15$ (ترقيم ستيني) .

ب ـ في النص YBC 7289 نجد مربعاً مؤلفاً من ثلاثة ارقام : 30 وتمثل الضلع ، ثم 42,25,35 وهو طول المعترض ، و (1,24.51.10) وبهذا يجب ضرب الضلع للحصول على المعترض أي ($\sqrt{2}$) . هذا التقريب الجديد ادق من القيمة الهارونية ، ويساوي ، بالنظام العشري : (1,414 - 213,) قيمة تقريبية بمعدل $\frac{1}{10}$ تقريباً .

2 ـ اللوحة YBC 6295 تعطي وسيلة لحساب الجذر التكعيبي لعدد (n) ، مكعب كامل انما اكبر من ان يقرأ ضمن اللوحة : يأخذ الكاتب عدداً (P) ، وهو مكعب كامل ، وبذات الوقت عدد منتظم (اي ان نقيضه قابل للحساب بسهولة) ويقسم n على p ويستعمل الصيغة : $\sqrt[3]{n} = \sqrt[3]{p} \times \sqrt[3]{n/p}$. هذا التبسيط في الحساب الا يقتضي معارف أوسع مما يبدو في النصوص ؟ إنها مسألة تطرح غالباً عندما نعجب بالاساليب وبدقة النتائج التي حصل عليها كتاب سومر واكاد .

وبنفس نظام الافكار ، يجب ذكر اللوحات المتضمنة حسابات من مستوى عال : سلاسل ، على علاقات اسية . أو لوغارثمية الخ . ولا جدل ان البابليين ، قد امتلكوا صيغاً حسابية علمية عالية ، هذا إذا نظرنا الى السلاسل التي عثر عليها في بعض المستندات . ولكن كيف حصلوا عليها ؟

اللوحة (AO 6484) التي سبق ذكرها تبدأ بالمسألة التالية : نفترض وجود سلسلة جيوميترية ذات تصاعد اثنيني ، ومحدودة في الحد العاشر ، إحسب مجموع الحد والعشرة . الجواب يأتي بدون شرح : خذ الحد الاخير منقوصاً بواحد واضف هذا العدد الى الحد الاخير . الواقع ، ان الحساب الذي اجراه الكاتب يتوافق مع الصيغة العصرية التالية :

$$S = a\,\frac{q^n - 1}{q - 1}, \quad \text{où} \quad q = 2,\ a = 1 \text{ et } n = 10\,;$$

أي

$$S = 2^{10} - 1 = 2^9 + (2^9 - 1).$$

تدل جداول الحساب ، او الحسابات الخاصة التي ذكرناها ، على حس ٍ بالترتيب ، وبالمنهجية يعطيها صفة علمية ثابتة تماماً . وقد نشر نص أميل الى النظرية ، منه تتجلى دراسة نظرية خالصة حول الاعداد ، في سنة 1945 من قبل و. نجيبور : O. Neugebauer انها لوحة بليبتون plimpton 322 ، التي يعود تاريخها الى القرن 18 على الاقل قبل عصرنا . وتتضمن اربعة اعمدة من الاعداد : العامود 4 يعدد الاسطر اما الاعمدة 1, 2, 3 فتتضمن اعداداً محددة . وان نحن نظرنا الى مجموعات من ثلاثة اعداد a b c مربوطة في ما بينها بالعلاقة $c^2 + b^2 = a^2$ (وهي ارقام تسمى فيثاغورية) ، والعامود الثاني يعطي سلسلة من القيم تعود الى b، والعامود الثالث يعطي قيمة مقابلة لـ a والعامود 1 يعطي العلاقات بين $\frac{a^2}{c^2}$ وكانت الآجرة مقطوعة ، مما يجعل وجود عامود آخر يعطي رقم c غير ممكن الاثبات .

ويمكن الاستفادة من هذه اللوحة بأن البابليين كانوا يعرفون ما يسمى « علاقة فيثاغور » وانهم طرحوا على انفسهم مسألة نظرية الاعداد مدخلين خصائص الاعداد الفيثاغورية ، وانهم حلوا مسألة النظرية هذه بوسيلة ترتكز على مبادىء نظرية . ومعنى الخصائص العامة للعدد ، نجده في مختلف المسائل في الارتمتيك الابتدائي : قواعد « الثلاثية » البسيطة ، القسمات المتساوية وغير المتساوية . وهذه المسائل المعروضة في النصوص حول امثلة محددة (مما لا يعني بالضرورة انها مسائل تتعلق بتقنية المحاسبين) حلت ، بدون اي تعليق وفقاً لطرق اصبحت فيما بعد تقليدية .

2 ـ الجبـر

بالنسبة الى الفكر المعاصر يبدو الجبر فناً مزجياً مقروناً بترميز : فعندما يقال جبر فالقصد « الصيغ »، وربما يخشى ان يكون مثل هذا العلم مستحيلاً بالنسبة الى مستوى الرياضيات البابلية ، لان الكتاب الميزوبوتاميين لم يكونوا يمتلكون اية مادة مماثلة لرموزنا (x و y). الا ان الرمزية ليست الا مظهراً من مظاهر الجبر المتكون في حقبة متأخرة من اجل تيسير وتسهيل الفن المزجي . ثم انه بالامكان الكلام دون الوقوع بالمغالطة التاريخية ، عن جبر بابلي ، لاننا نمتلك قسماً مهماً من الالواح بواسطتها ، وبتطبيق فن تداخلي متطور جداً ومنهجي ، تحل مسائل مؤدية الى معادلات من الدرجة الاولى ومن الدرجة الثانية على اساس مجهول واحد او عدة مجهولات .

وبوجه عام تتضمن الالواح عدة معطيات او بيانات ـ من نفس النمط ومن انماط متقاربة ، وبالنسبة الى كل بيان ، هناك اشارة الى الحسابات والى الجواب . وليس هناك اطلاقاً تبرير نظري للصيغ المستعملة ، ولكن وسائل الحل هي دائماً نفسها ، مما يتيح لنا الاعتقاد بان الصيغ كانت تقدم كخطوط عملية رغم انها لم تكن مفسرة على الاطلاق .

ويكون من الخطأ ان نرى في هذه النصوص اهتمامات عملية بالكيل او بالمحاسبة . لا شك ان المسائل تتناول قضايا معينة انما على طريقة التمارين التي توضع في اواخر كتبنا المدرسية الحديثة . فعندما نقرأ ، على لوحة ، بياناً من النمط التالي : جمعت 6 مرات مساحة حقلي المربع وثلاثة مرات ونصف الضلع . فوجدت 906 (ترقيم عشري) ، ما هو ضلع مربعي ؟ . من المؤكد ان المسألة هنا ليست مسألة كيل او مساحة بل لعبة فكرية يطرحها الفكر على نفسه . وعندما تتبع هذه المسألة مسائل اخرى

من نفس النوع (حوالي 20) ، فمن الواضح ان اللعبة تستمر وان اللوحة هي نص تعليمي القصد منه تدريب تلامذة على التعامل مع الصيغ .

وترتيب بعض الالواح له دلالته بهذا الشأن ، فالمسائل المتتالية الدائرة كلها حول نفس الموضوع ، كانت مفصولة بعضها عن بعض بخطين .

ولكن انطلاقاً من حوالي مئة من المستندات من هذا النوع الموجود لدينا ، ما هو الاسلوب الذي على اساسه سنحاول اعادة تكوين المعرفة الجبرية عند البابليين ؟ . لا شك ان هناك ميل نحو اعطائهم معرفة المباديء التي نرى تطبيقاتها في المسائل . ولكن ليس لاننا نجد في حالات خاصة جداً معادلات محلولة من الدرجة الثالثة ـ يتوجب علينا الافتراض ان اسس المنهج العام لحل هذه المعادلة كانت معروفة في ايام حمورابي . في حالات عديدة لم تكن النتائج « المدهشة » التي حصل عليها البابليون الا مصادفة سعيدة او نتيجة تلمس . وكذلك الأمر بشأن حل بعض المسائل التي بنيت معطياتها ـ انطلاقاً من « حلها » . وبالمقابل ان الموقف الانتقادي اللاذع هو ايضاً في غير موقعه . فنحن منذ العصور القديمة ، لا نستطيع إنكار الطبيعة النظرية في الاهتمامات الرياضية والجهد في عقلنة النتائج (التنظيم المنهجي لجداول الحساب ، التجميع المنتظم للمسائل ، استعمال نفس الاساليب الحسابية في قضايا مماثلة ذات ارقام متقاربة ، اهتمام بعلاقات ونسب لا شأن لها بالمنفعية اليومية الخ) .

ثم يبدو لنا من المنطقي اعطاء نوع من المعنى لأساليب حل المعادلات التي تعرض لنا بانتظام . ان القاعدة البابلية العائدة للدرجة الثانية ، تشبه صيغتنا الحالية ، الأمر الذي يوجب علينا الافتراض ان هذه الخطّة ناتجة عن جهد عقلاني . وكذلك إذا لم توجد النظرية العامة للمعادلات ذات المجهولات الكثيرة ، فان وسائل الحل تكون اكثر من « ضربات كشاتبين » موفقة : انها تدل على حالة فكرية جبرية عالية المستوى التطوري ، ومتميزة بالاستبدال ، والتبديل بين المتغيرات ثم استعمال قانون الارات أو المثقلات .

وبهذا الشأن يجدر ابداء ملاحظة اخيرة عامة : خلافاً للاغريق الذين كانوا قبل كل شيء « جيومتريين » كان « الميزوبوتاميون » ميالين الى ترجمة كل العلاقات بإشارات عددية ، بل كانوا ميالين الى « جبرنة » المسائل الجيومترية الخالصة . ونعثر على موقف مماثل في علم الفلك .

الدرجة الأولى : تمثل اللوحة YBC 4652 نمطاً كلاسيكياً من النصوص الرياضية البابلية تضمنت 22 مسألة ، تتعلق كلها بتحديد وزن حجر . والنص ناقص في قسمة الأعلى ، ولم يبق منه الا سبعة من هذه المسائل .

المسألة الأولى وردت بهذا الشكل :

« عثرت على حجر . ولكني لم أزنه . ثم اضفت اليه حجراً سابعاً وبعدها حجراً حادي عشر . وزنت فوجدت : ميْناً mine واحداً . ما هو هذا الوزن الأساسي للحجر الأول . إن وزن الحجر هو $\frac{2}{3}$ من المين mine و 8 سيكل sicles ، و 22 خط ونصف » .

إن الجملة الأولى ذات دلالة : إنها مسألة نظرية وليست تمريناً عملياً . ومن اجل وضع العلاقة المطروحة يكفي ان نرمز بـ(X) الى الوزن المجهول للحجر ثم معرفة ان المين يساوي 60 سيكل والسيكل 180 خطاً . وتكون المعادلة الحلالة كما يلي: $(x+\frac{x}{7})+\frac{1}{11}(x+\frac{x}{7}) = 1.0 \text{sicles}$ من

السهل ان نرى ان (X) معبراً عنها بالسيكل يساوي : (بحسب ترقيمنا العشري 48,125) و 48,7,30 . مما يعني بالضبط القيمة الواردة في الجواب إذ : $\frac{2}{3}$من المين = 40 سيكل ، و 22,5 خطأً = 0,125 سيكل . نشير عرضاً ان النص لا يوجب اخذ $\frac{1}{11}$من اصل ($x + \frac{x}{7}$) رغم ان الاطار ، اي الجواب يفترض ذلك . وهذا الغموض في البيان ، وإن بدا بدون اثر في التفسير ، هو ذو دلالة : فهو يفترض ، بهذا الشأن أن على المعلم ان يدل التلميذ على هذا التفصيل وان يدله ايضاً على الاسلوب المؤدي إلى الحل .

في المسائل التالية ، نعثر على علاقة من ذات النوع ولكن الأرقام فيها تتغير والمصاعب تتصاعد . ففي حين ان احدها يتضمن عمليات طرح موافقة للمعادلة :

$$\left(x - \frac{x}{7}\right) - \frac{1}{13}\left(x - \frac{x}{7}\right) = 1.0 \text{ sicles} \qquad (n^o\ 8),$$

ومعادلة اخرى تجمع بين الطرح والجمع :

$$\left(x - \frac{x}{7}\right) + \frac{1}{11}\left(x - \frac{x}{7}\right) - \frac{1}{13}\left[\left(x - \frac{x}{7}\right) + \frac{1}{11}\left(x - \frac{x}{7}\right)\right] = 1.0 \text{ sicles} \qquad (n^o\ 9)$$

وهناك مسائل اخرى اكثر تعقيداً مثل :

$$(6\,x + 2) + \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{7} \cdot 24\,(6\,x + 2) = 1.0 \text{ sicles} \qquad (n^o\ 19)$$

كل هذا يدل على اهتمام تعليمي وعلى اسلوب مكتمل . فالنصوص التي تتطابق مع معادلات ذات عدة مجهولات هي اكثر فائدة لأنها تتضمن حسابات متوسطة توضح لنا مهارة الكتاب الجبرية . وهذا مثل آخر :

« الطول، العرض . إنَّ الطول يساويه العمق ايضاً (بمعامل 12 تقريباً) . هناك حجم محفور . اضف الحجم والمقطع Section ، النتيجة 1,10 (...1,1666 بالترقيم العشري) . الطول يساوي 0,30 أي (O,5 بالترقيم العشري) . ما هو العرض ؟ .

اضرب (0,30) ، الطول بـ 12 . تحصل على 6 للعمق . اضف 1 الى 6 تحصل على « سبعة » 7 .

وعكس 7 لا يمكن حسابه . بماذا يجب ان نضرب 7 لكي نحصل على : 1,10 ?:0,10 . وعكس 0,30 هو 2 : تراه في الجداول . اضرب 0,10 بـ 2 : تحصل على 0,20 أي (0,333 بالترقيم العشري) هذا هو العرض » (اللوحة BM85200) .

نشرح . نفترض x الطول و y العرض ، و z العمق : ابعاد الحجم المراد بناؤه . المقطع Section : S = x y والحجم x y z = V . يكتب البيان الأول كما يلي : Z = K x على ان تكون K مساوية 12 . ويعطى x = a (هنا 0,30 = a) .

وباعتبار K x = Z ، تكون المعادلة الثانية كما يلي : x y (Kx = 1) = p . من هنا الحساب المتوسط الذي يجريه الكاتب : K x + 1 = 7 . وهذا ليس إلّا وضعاً في حالة الضرب (mise en facteur). والمسألة هي معرفة العدد الذي يجب ضرب (K x + 1) به للحصول على p مما يعطي :

$$xy = \frac{p}{kx + 1} = \frac{p}{7} = 0{,}10$$

ومنها

$$y = 0{,}10 \, . \, \frac{1}{0{,}30} = 0.10 \, . \, 2 = 0{,}20$$

إن المئات القليلة من المسائل من الدرجة الأولى والتي نمتلكها لا تتضمن اكثر من ذلك . والنصوص A et B ، نصوص سوز Suse تتضمن حلاً استكشافياً : استبعاد المجهولات . ولم نقرأ أبداً

عن قواعد الاحلال ، ولكنا غالباً ، نراها تطبق تباعاً وبشكل موفق . وكذلك الحال بالنسبة الى المسائل من الدرجة الثانية التي سوف نتكلم عنها .

الدرجة الثانية : افضل من أي تحليل ، يساعدنا المثل هنا ايضاً على فهم الأسلوب البابلي في حل المعادلات من الدرجة الثانية :(جمعت 7 مرات ضلع مربعي و 11 مرة مساحته : فحصلت على : 6,15 (أي 6,25 بالترقيم العشري) ضع 7 و 11 . . .) (اللوحة 13901B.M مسألة رقم 7) .

هذا هو البيان .الجملة الأخيرة « ضع 7 و 11 » ليست لا بيان المعادلة (1) $11\ x^2 + 7\ x = 6{,}15$

وتأتي بعدها ستة 6 اسطر من الحساب تبدو وكأنها اساليب « لعبة التمرير » بالنسبة الى الجاهل غير المدرب . لكن بعد جزأنا الحساب ، وبعد اتباع تطبيق المعادلة الكلاسيكية في حل المعادلة من الدرجة الثانية يمكن ان نلاحظ انه ان رمزنا بـ a.b.c الى ارقام المعادلة رقم (1) ثم اذا تتبعنا خطوة الحساب البابلي نحصل على المعادلة

$$x = \frac{-\,b \pm \sqrt{b^2 + 4ac'}\,(*)}{2\ a}$$

يقول لنا النص : اضرب 11 بـ $\frac{1.15}{1.8.45}$ أي بـ (68,75 بالترقيم العشري) . خذ نصف 7 أي 3,3 (3,50 بترقيمنا العشري) . اضرب 3,30 بنفسها فتحصل على 12,15 أي 12,25 (بالترقيم العشري) اضف 12,15 الى 1.8,45 أي (1..21) (81 .بالترقيم العشري) . ان جذر 1..21 هو 9 . اطرح 3,30 التي كنت ضربتها في 9تحصل على 5,30 . اما عكس 11فغير موجود في الجداول بماذا يجب ضرب 11 للحصول على 5,30؟ بـ 0,30(وبالترقيم العشري 0,50) . إن 0,30هي « ضلع مربعي » .

وهذا يعني القول ، إذا افترضنا $a = 11$, $b = 7$, $c' = 6{,}15$ فيكون :

$11 \times 6{,}15 = 1.8{,}45$	تتطابق مع	$a \cdot c'$
$\frac{7}{2} = 3{,}30$	»	$\frac{b}{2}$
$\frac{7}{2} \cdot \frac{7}{2} = 12{,}15$	»	$\left(\frac{b}{2}\right)^2$
$12{,}15 + 1.8{,}45 = 1.21$	»	$\frac{b^2 + 4\ ac'}{4}$
$\sqrt{1.21} = 9$	»	$\frac{\sqrt{b^2 + 4\ ac'}}{2}$
$9 - 3{,}30 = 5.30$	»	$\frac{\sqrt{b^2 + 4\ ac'}}{2} - \frac{}{2}$

وتقوم العملية الأخيرة على تقسيم هذه العبارة على a : وعندها يعاد تكوين الصيغة الكلاسيكية ، بمقدار ما يهمل الجذر السلبي .

ان الاسلوب الذي استعملناه هو اسلوب « مكمل المربع » وهو من وضع الخوارزمي وفيه تفترض معروفة المسألة : $(a + b)^2$: وتقوم على اضافة كمية الى شطري المعادلة (1) بحيث يصبح

(*) ان الشكل القانوني للمعادلة من الدرجة الثانية هو $a\,x^2 + b\,x + c = o$ والصيغة التقليدية للحل تساوي هذه الصيغة لأن الكمية c' في صيغتنا تساوي (c -) من الصيغة القانونية) .

التعبير المتكون من الحد x ومن الحد x 2 مربعاً كاملاً صحيحاً .

وأصل هذا الأسلوب يكمن بدون شك في المعادلة التالية : $(x+y)^2 = (x-y)^2 + 4xy$ الكافية من اجل حل النظام $x \pm y = a,\ xy = b$ الى $x \pm y = a,\ x \mp y = \sqrt{a^2 \mp 4b}$. من تفحص كل هذه المسائل المؤدية إلى علاقة حلٍ من الدرجة الثانية يمكن التمسك بالنقاط التالية تميز الجبر البابلي :

1 ـ ان الحلول هي دائماً تقريباً عقلانية ، وهذا امر طبيعي لأن المسائل كلها قد بنيت انطلاقاً من عدد مختار سلفاً .

2 ـ في كل المرات التي يكون فيها الشيء ممكناً يحاول الكاتب ان يغير المسألة ، اما باستخدام خصائص المجموع وحاصل ضرب الجذور او بادخال مجهول اضافي .

3 ـ ان الكميات السلبية تستبعد حكماً بل ويتم تجاهلها . واولى هذه الخصائص تنتج عن الطبيعة التعليمية للمسائل المطروحة . الاّ انه يمكن العثور على بعض الاستثناءات النادرة التي تدل على فكر لوجيستيكي logistique رياضي لدى الرياضيين في تلك الحقبة . وعلى هذا الفت طورو دونجان Thureau — Danguin الانتباه الى مسألة تؤدي الى حل غير عقلاني .

وفيها عمد الكاتب الى وضع المعادلة كما يلي : $x^2 = y^2 + 22{,}30$

حيث يُفترض (X) مساوياً لـ (5) .

ولما كانت جداول الجذور المربعة غير مستعملة الاّ بالنسبة الى المربعات الكاملة . فبالامكان توقع ان يعمد الكاتب الى الطريقة « الهيرونية » التقريبية التي سبق ذكرها . وهو في الواقع يحاول حل معادلة غير محددة فيها يقترب الـ x من شروط البيان المعطى ما امكن . وهكذا يعثر على (5,15 = x) و (2,15 = Y) ترقيم عشري ويتوضح الحرف الثاني سنداً للمسائل الواردة في اللوحة A.O 6848 حيث يعطي مجموع عددين مقلوبين ويطلب حساب هذين العددين . وبقولٍ اخر احسب عددين x' et x'' بافتراض انك تعرف حاصل ضربهما (= 1) ومجموعهما (= (a)) . ومن العودة ، بالشكل المفصل ، إلى اسلوب الكاتب نلاحظ أن صيغة الحل المستعملة هي : $x = a/2 \pm \sqrt{(a/2)^2 - 1}$

وهي الصيغة التي ما تزال تعلمها كتبنا العصرية .

وتدل اللوحة A.O. 8862 على عدة امثلة حول استعمال المجهول الاضافي . ونلاحظ ، في المسائل ذات المجهولين المؤديين الى معادلات من الدرجة الرابعة في y و x ، نلاحظ ادخال المجهول الاضافي $z = x - y$ ، وهو مجهول يمكن من العودة الى نظام المعادلات من الدرجة الثانية ذات الـ Z .

وقد اشرنا ايضاً الى حل مسألة ذات مجهولين بادخال المجهول الاضافي $z = (x-y)/2$ واخيراً نذكر ان البابليين كانوا قادرين على تخفيض المعادلة ذات الدرجة فوق الاثنين الى معادلات رباعية وذلك عن طريق الاحلال ، من ذلك :

$xy = A,\ x^3 z = B,\ z^2 = x^2 + y^2$ مضروباً $x^6 z^2 = B^2 = x^8 + x^6 y^2 = s^2 + A^2 s\ ;\ s = x^4$

مفهوم العلاقة او الوظيفة ـ : نعثر على فكرة او مفهوم العلاقة في اللوحة الفلكية من الحقبة السلوقية ، التي تؤدي اليها الملاحظة الملازمة لظاهرات مرتبطة احداها بالأخرى بعلاقة حسابية (مثلاً حقب مشاهدة كوكب ثم المسافة الزاووية لهذا الكوكب بالنسبة إلى الشمس) . ولكن ومنذ العصر البابلي الأعلى ، عكف البابليون على دراسة علاقات قلما فهمنا نحن غرضهم منها . ولكن الواقعة هي ذات دلالة .

فهناك لوحة (VAT 8492) تتضمن لائحة باعداد من 26 الى 48. ومقابل هذه اللائحة تتطابق الكمية $n^2 + n^3$ مع كل قيمة لـ n . وهناك لوحات اخرى في كل منها عامودان . يدل الاول على قيم المتغير ويدل الثاني على القيم في الوظيفة الاسية المقابلة . وهناك اخيراً اللوحة MLC 2078 تعطي الجواب على السؤال : إلى أي (قوة) أو مثقل يجب رفع العدد a للحصول على عدد معين ؟ وهذا يعني العثور على اللوكاريثم logarithime ذات الاساس a بالنسبة للعدد المعين .

ولا نملك اكثر من ذلك . واذاً يكون من المخاطرة بناء نظرية على مثل هذه المعطيات . ورغم ذلك فان ظهور مثل هذا الفضول الحسابي التجريدي ، منذ اقدم العصور البابلية ، والمتعلقة بالروابط الوظيفية ، يجب ان يلحظ وكأنه مظهر اصيل في العقلية الرياضية الميزوبوتامية .

لقد كان البابليون محاسبين بالمعنى القوي للكلمة . وقد امتلكوا نظام ترقيم شديد المرونة وتوصلوا الى درجة استثنائية من الشفافية في الحساب : فهم اخترعوا الجبر . ويمكن الظن ان ديوفانت Diophante قد استلهم مباشرة طرقهم . ويبدو انهم لم يستطيعوا الحصول على الخلاص خارج الجبر . لان جيومتريتهم لم تكن الا ذريعة لمسائل ذات طبيعة جبرية خالصة . وان معادلة فيثاغور pythagore بالذات لم يعبر عنها بحدود « كونية » فضائية بل بشكل معادلة حسابية (ارتميتيكية) معقدة .

3 ـ الهندسة (الجيومتريا)

ساد الاعتقاد لفترة طويلة ان الجيومتريا كانت علماً اقدم من علم الاعداد ومن الجبر . فميزتها المحددة جداً ، وفائدتها المباشرة في طروحاتها ، جعلت منها علماً يبدو ، لاول وهلة ، انه اقدم واسبق من الفن المزجي وتقدم لنا العصور الكلاسيكية ، مثلاً معروفاً عن علمٍ بالأرقام منبثق عن علم الفضاء، هو الحساب ـ الجيومتري (آريتموجيومتري) الفيثاغوري . لا شيء مثل هذا في ميزوبوتاميا حيث يسود التراث الجبري . ولا تبدو العلاقات الفضائية وكأنها تهم البابليين الا بمقدار ما تؤدي الى علاقات حسابية منطقية أو الى معادلات ؛ وعلى هذا لم تكن نظرية فيثاغور قد «ثلثت» iangularisée بل « صيغت » : ولا يبدو ان الرياضيين البابليين كانوا مهتمين بالشكل الخاص للمثلثات التي تتناسب اوضاعها مع (3,4,5) بل حاولوا اقامة صيغة جبرية تتيح الانتقال من اضلاع المستطيل الى خط الزاوية (Diagonale) .

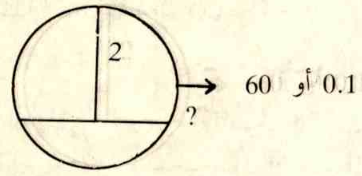
وتفسر هذه السمة الجبرية الغالبة على المعارف الرياضية الاشورية ـ البابلية ، طبيعة المناهج الجيومترية المباشرة . ونحن نصنف هذه المناهج ضمن فئتين : المناهج ذات العلاقة بمسائل الموقع (مثلاً ان القطر يقطع الدائرة الى قسمين متساويين . وان ارتفاعات المثلث تلتقي ، الخ) ثم المناهج التي تتعلق بمسائل قياسية (مثلاً نظرية تالس Thalès وعلاقات « تناظر » ، والمسائل المتعلقة بالمساحات

وبالاحجام ، الخ) . والاولى تتوافق مع معارف منمطة جيومترية بـالمعنى الهليني للكلمة ، ويمكن ان تستخدم لإقامة المناهج الثانية التي تؤدي الى جيومترية من النمط الديكارتي اي التحليلي . ولهذا تنتمي كل النصوص الجيومترية البابلية ، حصراً الى هذه الفئة الاخيرة ، وهي لا تأخذ من الجيومترية الخالصة الّا النتائج الضرورية لوضع علاقات مترية ـ قياسية .

وتبدو المسائل بوجه عام ضمن الشكل التالي : ينطلق الكاتب من رسمة (تكون نادراً مرسومة على القرميد) ثم يقترح بناءً ما يترك فيه عدة ابعاد مجهولة غير معروفة . وبعدها يشرع في وضع معادلات المسألة مستعملاً العلاقات الجيومترية ويحل مشكلته بطرق مماثلة للطرق التي سبق وصفها . ولم يكن هناك من كلمة للتعبير عن مفهوم الزاوية او الموازي . ولكن حل القواعد الـواردة في نظريـة التناظر الاقليدي Euclidienne تنبثق عن « المثلثات الاستكمالية »، وعن جمع الاطوال والمساحات ، باعتبار ان مساحة المستطيل هي حصيلة ضرب العرض بـالطول (راجـع ي . م . برينـز ، .E . M Bruins تفسير الرياضيات المسمارية ، فيزياء 1962) .

جيومترية الموقع ـ : في الواقع نحن نجهل كل شيء عن المعارف الجيومترية عند البابليين فيـما يتعلق بالخط المستقيم والمثلثات والدائرة . انما هناك بعض الاسطر توحي بعلاقة تتعلق باحتواء المثلث المستقيم ضمن نصف الدائرة :

« 0.1 (60 بالترقيم العشري) محيط الدائرة ، 2 المستقيم الذي نزلته « عامودياً على القاطع » ما هو طول القاطع ؟ » لوحة B. M 85194) .



ويلي الحل بدون تفسير او شرح : « ارفع 2 الى مربعها : 4. اطرح 4 من 20 القطر : 16. ارفع 20 ، (القطر) الى مربعها = 6 × 40 (400في النظام العشري) . ارفع 16الى مربعها : 4 × 16 (256في النـظام العشري) . اطـرح (4×16) من (6×40) :(2×24) (144في النـظام العشري) ، ان الجذر التربيعي لـ (2 ,24) هو 12 . هذا هو طول القاطع او الوتر . وهكذا يجب التصرف » .

هذا النص الموضح برسمـة يلخص المعارف الاوضـاعية الـدقيقة عنـد الميزوبـوتاميـين : وضع مثلـث مستقيم ضمن نصف دائـرة ، وتوازي العـامودين عـلى نفس المستقيم . وكون القـطر محـور التناظر .

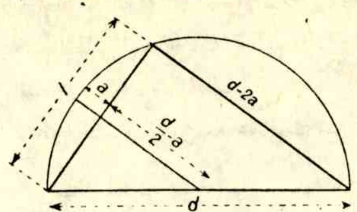
المشكلة تطرح كما يلي (رسمة رقم 12) : إذا عرفنا محيط دائرة (وبالتالي قطرهـا) ، ثم طول السهم ، احسب طـول (القـاطـع) اي الـوتـر المـوازي لهـذا السهم . نمثـل بحـرف d القـطروبحـرف a السهم . نرى على الرسمة المقابلة ان الوتر طوله :

$$l = \sqrt{d^2 - (d - 2\,a)^2}$$

الحساب الذي يقوم به الكاتب يفترض أن $\pi = 3$ (ومن هنا تساوي d = 20) والذي يرى ان

$2a = 2^2$ (لأن a = 2) .

صورة 12 ـ رسم يبين حساب وتر متوافق مع سهم معين



إن المفاهيم البدائية الضرورية لحل مثل هذه المسائل تتطابق مع المقترحات الأولى التي يعزوها التراث الى الجيومترية الاغريقية . وبدون ان نعزو الى البابليين معرفة البدايات التي ترتكز عليها هذه المقترحات فاننا نشير فقط الى استعمال العلاقات الجيومترية البسيطة المعزولة عن كل اطار تبياني والمستخدمة لأهداف تربوية فقط ، في ميزوبوتاميا . خلال الألف الثاني .

قاعدة فيثاغور pythagore: ان المسائل القياسية مختلفة تماماً . فهي ليست مسائل عملية للكيل او المساحة ، ولا هي مسائل جيومترية خالصة : انها موضوعة لكي تحل عن طريق الحساب ، ليتعلم المبتدىء في الرياضيات كيف يستعمل الأوالية الحسابية mécanisme arithmétique لا للوصول الى معارف تتعلق بعلم الفضاء . ان هذه المسائل تتناول الضرب الجيومتري ، قاعدة فيثاغور pythagore كما تتناول المساحات والاحجام .

وقد سبق واشرنا الى وجود لوحة ارتمتيكية خالصة تتعلق بالاعداد الفيثاغورية ، كما اشرنا الى وجود نص آخر يفترض قيام القاعدة الفيثاغورية حول علاقة الضلع وخط الزاوية (المعترض) داخل المربع . وكذلك هنالك العديد من المسائل الجيومترية الجبرية التي تستعمل بصورة عادية العلاقة الفيثاغورية .

وهكذا في اللوحة A O 6484 وردت المعادلات التالية :

$L + l + d = 40$ (وفي النظام العشري 120) $L.l = 2.0$

بين الطول L والعرض L والمعترض d في المستطيل . المطلوب تحديد هذه الابعاد حسابياً . يكتفي الكاتب بتدوين الجواب الصحيح دون ان يشير الى العمليات البسيطة التي ترتكز على معرفة المعادلة $d^2 = L^2 + L^2$

وفي نفس اللوحة طلب تحديد ضلع مربع انطلاقاً من المعترض فوضع الكاتب : $c = d/\sqrt{2}$. ثم اقترح فيما بعد مثلثاً متساوي الضلعين ضلعه يساوي 5. وقاعدته 6. المطلوب مساحة المثلث . ولهذا هناك حساب اول (فيثاغوري) ، يعطي الارتفاع : « اضرب الضلعين فيما بينهما : 5 × 5 = 25. اضرب 3، نصف القاعدة بثلاثة فتحصل على 9. اطرح 9 من 25. يبقى 16. استخرج الجذر التربيعي من 16يبقى 4. انه الارتفاع المطلوب » .

هذه النصوص وغيرها ايضاً تدل ان البابليين كانوا يعرفون خصائص مربع المعترض (خط الزاوية (ايبوتينوز Hypothénuse) وانه يساوي مجموع مربعي الضلعين الآخرين .

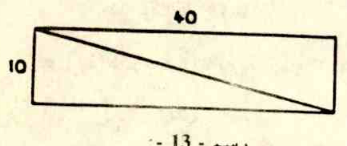
وتقدم اللوحة VAT 6 598 الصورة التالية (رسمة 13) باعتبار a و b هما ضلعا المستطيل و c معترضة . a = 40, b = 10 .

وتطبيق المعادلة :

$c^2 = a^2 + b^2$ ليس ممكناً هنا لان c ليست ذات جذر صحيح . ولتلافي الصعوبة جرب

الكاتب صيغة قريبة . وهذا النص له اهمية منهجية ، اذ يوجد هنا ، بدون شك ، جهد لمعرفة سر معادلة . والتقريب المقترح : الصيغة الهيرونية التي سبق ذكرها ، مفيد . ولكنه لا يرضي الحاسب فيحاول صيغة اخرى تقريبية ، ولكنها اقل رهافة .

ونظراً لان بقية اللوحة قد تلفت . فليس بالامكان الا اللجوء الى الافتراضات حول وجود ممكن لصيغ اخرى تقريبية .



رسم - 13 -
رسمة حول محاولة تطبيق قاعدة « فيتاغور » VAT.6598

التناظر Similitude ـ تورد اللوحة AO 6484 التي سبق ذكرها ايضاً مسألتين تتناول قواعد التناظر او المماثلة في المثلثات المستقيمة .

يُعْطى الارتفاع H و e سماكة حيط . قطعة خشب (ربما شجرة) يزيد ارتفاعها بمقدار (h) عن اعلى الحائط . المطلوب : ما هي المسافة x ،عن القاعدة، التي يجب ان يقف عندها الناظر لكي يرى الطرف الأعلى من قطعة الخشب . الرسمة (14) التالية توضح المسألة :

من الواضح ان حل المسألة يقوم على المعادلة eH = h x التي تعبر عن ان مساحات المستطيلات المكملة BDB'C و PQCR متساوية وهي معادلة يعتمدها الكاتب . ومنها نستنتج ان a = eH/h .

وتستعمل نفس المعادلة لحساب H بعد معرفة h و e و x .

وقد شعر البابليون ان قواعدنا في التناظر تسمح بمعالجة العديد من المسائل ولذا انصرفوا بحماس الى التركيبات المتنوعة التي يسمح بها الاريتمتيك .

رسم - 14 -
اعادة تكوين حساب الرسوم المتماثلة (AO 6484)

والمسألة الواردة في اللوحة MLC 1950 هي مثل واضح يدل على العقلية التي كانوا بها يعالجون المسائل الجيومترية :
تعطى الرسمة 15 وفيها ما يلي : a = 20 و b = 30 وS = 5,20 (أي 320 بالنظام العشري) المطلوب معرفة x و y .

باناقة يحاول الكاتب ، بحسب القواعد الجبرية ان يعبر عن نصف مجموع ونصف الفرق بين x و y تبعاً لـ s و a و b .

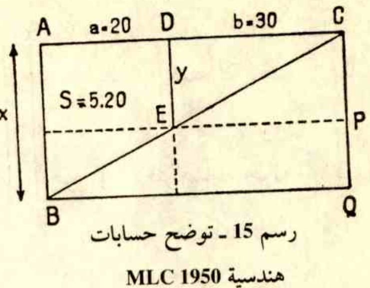
وهذا ينتج عن المستطيلات المكملة ، وذلك بالتعبير عن مساحة المربعين المنحرفين ABCD و BEPQ المتساويين . فيكون :

$$S = \frac{1}{2}(x-y)(a+b+b) \qquad S = \frac{1}{2}a(x+y);$$

إذن

$$\frac{1}{2}(x-y) = S/(2b+a) \qquad \frac{1}{2}(x+y) = S/a;$$

وهذا يتوافق شفوياً مع الحل المباشر الخالص الذي نجده في اللوحة : « احصل على عكس 20 . انه ثلاث . اضرب 3 بـ20 5 . انها 16 ... 30 ، الطول ، اضرب بـ 2 واضف الواحد الحاصل الى 20 ان الطول الأعلى هو 1,20 احصل على عكس 1,20 . انه 45 واضرب بـ 5,20 اي المساحة . انها 4 . اضف 4 الى 16 . يكون العرض الأعلى 20 ؛ والعرض الأدنى 12



رسم 15 ـ توضح حسابات هندسية MLC 1950

وبالامكان الاكثار من هذه الامثلة . انها تدل كلها على منهج متكامل يطبق بدون ضعف على المعطيات الجيومترية .

الدائرة ـ من بين كل الرسمات في الجيومتريا الابتدائية تعتبر الدائرة هي الرسمة الاكثر جذباً بالنسبة الى الفكر المتجدد . إلا ان البابليين لم يعرفوا على ما يبدو جيومترية الدائرة وجل ما في الأمر انهم استعملوا هذه الصورة كذريعة للتزيين ، كما انهم عرفوا رسم سداسي الاضلاع ضمن الدائرة بحيث يساوي ضلعه الشعاع (الستيني) .

من الناحية المترية لا يمكن اغفال القيمة البابلية لحرف π. واكثرية المستندات الموجودة تعطي π يساوي 3[1]. وتتضمن لوحة نشرت سنة 1938 ، (نشرها الاب شيل P. scheil) سلسلة معبرة بهذا الشأن : انها دراسة مقارنة لمحيط الدائرة ولمساحتها . في عامود اول ورد اربع عشرة قيمةً متتالية لمحيط الدائرة ؛ يقابلها في العامود الثاني قيم المساحة . . ونلاحظ ان المساحة اعتبرت مساوية لـ $\frac{1}{12}$ من مربع محيط الدائرة ، وان π تساوي بالتالي 3. وهذه القيمة ايضاً هي التي وجدناها في مسألة درسناها اعلاه : فالكاتب بعد ان بين ان محيط الدائرة يساوي 1.0 اي (60 بالنظام العشري) امر برفع (20 قطر الدائرة) الى مربعه . وكون القسمة على ثلاثة ، غير مشروحة يدل على ان هذه القيمة لـ π كانت شائعة ومعروفة منذ العصور القديمة . وقد عُثِر عليها بعد عدة قرون فيما بعد في الكتاب المقدس (البيبل) .

المساحات والإحجام ـ : سبق واشرنا الى ان البابليين لم يكونوا دقيقين جداً فيما خص تقدير المساحات . وإذا كانوا قد عرفوا المعادلات المتعلقة بالمربع وبالمستطيل وبالمثلث المستقيم الا انهم كانوا يستعملون بالنسبة الى المضلعات الاخرى صيغاً تقريبية .

ومن المعروف انه بالنسبة الى المضلعات الرباعية غير المنتظمة ، كان هناك المعادلة المسماة معادلة « الاكريمانسور Agrimenseurs» التي تعبر عن مساحة (s) الرباعى الاضلاع ، بحاصل ضرب القيم المتوسطة لأطوال الأضلاع المتقابلة : c,d ثم a b أي انها تساوي :

$$S = \frac{1}{2}(a+b) \cdot \frac{1}{2}(c+d).$$

وهذه العلاقة ـ كما هو الحال في الجيومترية الاقليدية Euclidienne بالنسبة الى قسمة الترابيز مربع منحرف ـ تؤدي إلى طول t في المعترض الذي يقسم الرباعي المتوازي الأضلاع بنسبة $\frac{P}{Q}$ قاطعاً الضلعين c.d . وهذه العلاقة يعبر عنها بالمعادلة التالية :

$$(P+Q)\,t^2 = Pa^2 + Qb^2 = (P-Q)\,a^2 + Q\,(b^2 - a^2),$$

وبصورة خاصة : وفي حالة ما تساوي P = Q :

---

(1) نلاحظ أن $\pi = 3\frac{1}{8}$ هو تقريب ادق استعمل في لوحة عثر عليها في حفريات البعثة الفرنسية في سوز Suse (1933) راجع برونيز Bruins : بعض النصوص الرياضية في بعثة سوز امستردام 1951 .

$$t^2 = \frac{1}{2}(a^2 + b^2) = a^2 + \frac{1}{2}(b^2 - a^2)$$

هذه الصيغة الأخيرة هي في اساس كل المسائل كالتي وردت في اللوحة YBC 4675 .

ان الاضـلاع 7 - 17 و 4.50 - 5.10 ضمن رباعي الاضـلاع تحتوي بحسب معـادلـة « اغـريمنسبـور » Agrimenseur تساوي : $\frac{1}{2}(17 + 7) . \frac{1}{2}(5.10 + 4.50) = 1$ Bur « والبور » هي وحـدة المساحـة ؛ والمعترض الذي يقسم الرباعي الأضلاع إلى اجزاء متساوية .

$$\left(t^2 = 17^2 - \frac{1}{2}(17^2 - 7^2) = 13^2\right),$$

- يدل عليه في الرسوم وفي النص .

ان المثلث المتسـاوي الضلعين و« الـترابيزايـزوسيل » ، اوالـربـاعي المتـوازي الضلعـين والمتسـاوي الضلعين ينقسمان ببساطة الى مثلثات مستقيمة تحكمها ثلاثيات فيثاغورية . والمعلم البابلي يبني مسائل يكـون حلها الصحيـح وفقاً لاعـداد « صحيحة الجـذر » . والنص الوارد في اللوحـة V.A.T 7531 يتضمن سلسلة من رباعيات الاضلاع مؤلفة من مستطيلات ومن مثلثات مستقيمة . وهناك مسألة واحدة من هذه المسائل تحتوي على مثلث هيروني مؤلف من مثلثين فيثاغوريين مختلفي النمط لهما ضلع مشترك . وقد سبق ورأينا ان الجيومتري البابلي لا يتفادى المسائل ذات الاعداد التي جذورها التربيعية غير صحيحة او ذات الجذور التربيعية . فقد درس خصـائص متعددات الاضـلاع المنتظمـة . والنتائـج التي توصـل اليها ، وصلت الينا سواء كرسم ام كلوائح بالثوابت العدديـة ، فيما يتعلق بـالمربـع وبخماسي الاضـلاع والسدادي والسباعي والمثلث المتساوي الاضلاع . اما المسائل التي تتناول المساحات فهي كلها من ذات النوع : يقسم السطح او المساحة الى عدة اقسام : مرة تحسب المساحات الجزئية بعد معـرفة الاطـوال ، ومرة يطلب تحديد بعض الاطوال انطلاقاً من بعض الشروط الخ .

وكذلك الحال بالنسبة الى الاحجام . فالمكعبات والرباعيات المتوازية الاضلاع تتحدد بالمعـادلة الصحيحة (حاصل ضرب مساحة القاعدة بالارتفاع) . وعلى العموم ان حساب هذه الاحجام مرتبط بمسألة ارتميتيكية بسيطة هي : إذا كنا نعرف الأجور اليومية للحمال ، وحجم كمية التراب التي ينقلها كل يوم ، والكلفة العامة للعمل وعدد الحمالين ، احسب احد اضلاع موشور prisme اذا كنا نعرف الضلعين الآخرين الخ . ولا يتعلق الأمر هنا بالمحاسبة ، بل بتمارين حسابية بسيطة .

وبالنسبة الى متعددات الاوجة الاخرى نجد صيغاً تجريبية يرتدي بعضها طابع الكلاسيكية ، اذ نعثر عليها في نصوص متنوعـة في مصادرها ، ومستعادة عشرات المرات في سلاسل التمارين .

وهكذا نجد حجم قَطْعِ الهرم محسوباً بالمعادلة الواردة في اللوحة (B.M. 8 5194)

$$V = h\left[\left(\frac{a+b}{2}\right)^2 + \frac{1}{3}\left(\frac{a-b}{2}\right)^2\right]$$

ان b و a تدلان على الضلعين : القاعدة الكبرى والقاعدة الصغرى ويدل h على الارتفاع .

إن الأجسام الدائرية de révolution لا تظهر إلا نادراً في التمارين . فـالاسطوانـة تُعالـج كما يعالج الموشور ، و π تساوي 3 والمخروط وجذع المخروط يُهملان . وبالنسبة الى هذا الأخير نجد التقريب البعيد جداً : $V = \frac{1}{2}(S + S')\, h$ ، واخيراً لاتوجد صيغة تتعلق بالكرة .

V ـ علم الفلك

كان الاغريق اول من اسند الى الشعوب الميزوبوتامية الأولى معرفة فلكية واسعة. فقد اورد سامبلسيوس Simplicius انه بخلال فتوحات الاسكندر، ارسل كاليستان Callisthène الى خاله ارسطو كشفاً بملاحظات الكشوفات الجارية منذ 1900 سنة قبل تلك الحقبة : وإذا صدقنا هذا القول يكون البابليون قد دونوا هذه الملاحظات منذ الالف السادس ق . م . ولكن المعلومات التي حفظها لنا جمينوس Géminus «وبطليموس» حول الارصاد البابلية تبدو اكثر دقة . ولكن وبوجه عام ، إذا كان الاقدمون اي اليونان يمتدحون بسخاء مهارة وبراعة الفلكيين الميزوبوتاميين فهم قلما اشاروا الى التصورات النظرية التي حصل عليها البابليون من اجل تفسير الكون . ويعتبر بلين Pline المؤلف الوحيد القديم الذي تكلم عن الكنوز الثمينة في علم الفلك الميزوبوتامي دون ان يقع في المبالغات التقليدية (hist . mat, VII. 52) .

ان اعمال ابين Epping وكوغلر kugler وستراسمير Strassmaier ، وفيما بعد شمبرغر Schaumberger هي التي اتاحت لنا منذ خمسين سنة تكوين فكرة اكثر كمالاً وأكثر وضوحاً عن معارف هؤلاء الفلكيين القدماء . . تفحص المنهجي للوحات وتفسيرها الصحيح اظهر ان علم الفلك الآشوري ـ البابلي لم يكن فقط علماً رصدياً مدهشاً بل كان ايضاً علماً نظرياً لعبت فيه الرياضيات دوراً في المقام الاول . ويمكن قسمة هذه النصوص الى فئتين . الفئة الاولى وهي الاقدم تتضمن نوعين من اللوحات : الاولى هي مجموعات تنبؤ تعود الى الادب الاومينالي ominale ، واللوحات الاخرى هي لوحات فلكية بالمعنى الصحيح : اسماء الابراج او الكواكب مقرونة باعداد ذات تصاعد حسابي ، ورصد ظهور ثم غياب « فينوس » . ومن الناحية التاريخية تقسم هذه النصوص كما يلي : حكم آمي صادوقا Ammisaduqa ، حوالى 1650 قبل المسيح : ارصاد فينوس .

حقبة كاسيت cassite : a ـ لوحة نيبور Nippour وتتضمن فهماً للعالم فيه تتراكم ثمانية كريات وحيدة المركز ، وفيها الكرة الرئيسية وهي الكرة القمرية .

b ـ نصوص نصف السماء وتعطي ارقاماً للبروج .

c ـ لوحات اومينالية ominales ذات اهمية فلكية محدودة .

القرنان 7 . 8: — a — لوحات من سلسلة « مول mul » APIN وهي تلخص المعارف الفلكية يومئذٍ (تصنيف الكواكب الثابتة الى ثلاثة « طرق »، معلومات حول القمر والكواكب والفصول الخ) .

b ـ الرصد المنهجي للكسوفات .

والفئة الثانية من النصوص هي على الاقل ذات صيغة احدث . فغالبيتها هي مستندات سلوقية اي بعد سنة 311 ق . م . وهي ذات قيمة علمية اعلى . واعتباراً من القرن السادس ادت المسائل التي طرحها اعتماد الروزنامة القمرية ، في المسارات الشمسية ، بعلماء الفلك الى وضع نظرية حول حركة القمر ، وبصورة استطرادية الى وضع نظرية حول حركات الكواكب . هذه النصوص السلوقية تَظْهرُ ،

بصورة اساسية ، بشكل لوحات « روزنامات » تضم عدة اعمدة من الاعداد . وكان العمل الاكثر دقة الذي قام بها الشراح الحديثون هو تفسير مدلول هذه الاعداد ، التي سوف نرى ان بعضها يتعلق بموقع الكواكب المدروسة (سواء القمر او النجوم) ، في حين ان لوحات اخرى تستند الى مختلف العلاقات التي توجد بين هذه الكواكب .

وتتالت الارصاد الفلكية في ميزوبوتامية الى ان جاء الفتح الروماني وآخر النصوص تاريخاً في هذا النوع هي روزنامة ٱلْفَتْ زمن حكم فيسباسيان Vespasien .

وكما هو الحال بالنسبة الى النصوص الاقدم ، قلما يمكن استخلاص نتائج ايجابية حول المعارف الفلكية لدى مؤلفيها . والدراسة التي نقدمها في الصفحات التالية ترتكز بصورة حصرية على المعلومات التي تقدمها لنا المستندات السلوقية[1] . وستحاول هذه الدراسة ان تبرز اولاً روح واطار علم الفلك الآشوري البابلي ثم استخراج المميزات الاساسية للمعارف العلمية التي يفترض وجودها في هذا العلم .

1 ـ شكل علم الفلك الآشوري البابلي

التنجيم والارتميك والحساب (arithmétique) : ان التنجيم البروجي يرتكز على الايمان بوجود علاقة بين حياة البشر ومواقع النجوم عند الولادة . ومن الضروري العثور بدقة ـ إذا شئنا ان يكون التنبؤ ناجحاً ـ على النجم الذي اشرق عند الولادة : وهذا هو الوصف المشهور باسم سكستوس امبيريكوس Sextus Empiricus والذي يقدم لنا كلدانيينْ ـ اي منجمَينْ ـ احدهما ينظر الى السماء في حين يستعد الآخر ، وبيده صنج ، لاعلان الولادة بالدقيقة لنظيره ، وذلك من اجل تحديد برج المولود الجديد . وهكذا نشأ علم فلك مواقعي متحرر من الاهتمام التركيبي التأليفي الذي طغى على علم الفلك الاغريقي : فالبابليون لم يتطلعوا الى تفسير جيومتري لحركات الكواكب الظاهرة . بل بحثوا عن مفتاح يتيح لهم بصورة ميكانيكية العثور على موقع برج في لحظة معينة .

ومن هنا نشأت الروزنامات واللوحات او الجداول . ولكن علم التنجيم لم يكن فقط مناسبة لعلم الفلك . انه بالتأكيد اهتمام ذو مظهر علمي . وبالفعل أن مبدأه هو الحتمية ليس غير : فهو يفترض وجود علاقة ضرورية ودائمة بين الحدث السماوي والحدث البشري . وإذا كان هذا النص في محتواه مغلوطاً فهو في شكله جذري لأنه يفترض ان نفس الاسباب تحدث نفس المفاعيل . وانتظام الدورات السماوية يفرض بالطبع فكرة نظام ضروري للاشياء . والتنبوء السحري هو الاشارة الطليعية للتنبؤ العلمي . ولهذا تخلط كتابات المنجمين النبؤات بالارصاد كما تدل على ذلك الامثلة التالية :

« عندما يشاهد القمر والشمس بذات الوقت في سادس يوم من الشهر فالحرب ستعلن على الملك . عندها يحاصر الملك في قصره طيلة شهر ، ويقتحم العدو البلد وينتصر . وعندما لا يكون

(1) من وجهة نظر تاريخية خالصة . كان يجب وضع هذه الدراسة الى جانب الدراسة الهيلينية . إلا انه ، لما كانت بعض النصوص المدروسة تعود الى تراث طويل ، فلا يمكن فصلها عن دراسة العلم الميزوبوتامي .

القمر مرئياً مغ الشمس في اليوم 14 و15 من شهر تموز . فان الملك سيحاصر في قصره . فاذا رؤي القمر في اليوم 16 فهنيئاً لأشور Assyrie وتعساً لأكاد AKKAd وآموروْ Amourrou .

« لقد بحثنا عن آذار (مارس) مرتين او ثلاث مرات ولم نعثر عليه . وإذا سألني الملك ، سيدي : هل هذه الخفية تنبيء بشيء ؟ اجيبه كلا : لقد دخل مارس في برج الُول (ALLOL)، وهذا لا يتضمن اية نبؤة ».

نرى من خلال هذه الاسطر ان الرصد الخالص الذي لا يهدف الى اي تنبؤ يؤخذ ايضاً كما يؤخذ الرصد المنفعي . والالواح العديدة من هذا النوع تدل على اهتمام بعلم الفلك المواقعي الذي لم يتحرر من المعتقدات السحرية . وكانت نتيجة هذه الحالة الفكرية في ميزوبوتاميا الحد من الارصاد . فقد كانوا يهتمون قبل كل شيء بموقع الكوكب النسبي وبالاشارة البروجية ، وتوافقها مع الكسوف او مع البزوغ الشمسي . ونتج عن ذلك ان علم الفلك البابلي كان بصورة اساسية علماً مدارياً بروجياً .

لقد كان الميزوبوتاميون بذات الوقت اقوياء في الحساب . ثم ان التدوين المنتظم ، على لوحات وجداول ، لمواقع النجم المتتالية كان يقرن باشارات عددية .

والذكاء الارتمتيكي* عند الراصدين الآخذ بالمظهر التسلسلي لمعطيات التجربة ، الامر قد ثبت لنا بشكل ملحوظ عبر مستند وجد في مكتبة اشور بانيبالAssourbanipal، وهو جدول عن اوضاع القمر يصف تناميه . ان صحن القمر مقسوم فيه الى 240 قسماً وعدد هذه الاقسام المنيرة يتزايد من صفر الى 240 بخلال 15 يوماً .

ويدل النص ، عند واضعه ، على منهجية اصيلة لتحديد هذا التصاعد . فهو اي الراصد لا يكتفي ، وهو يدون كل مساء ملاحظته ، ان يحدد تجريبياً الاضاءة اليومية وتغيرها المتزايد . بل يضع سلسلة من الاعداد المتجاورة الى جانب الاعداد التي تقدمها له الملاحظة المباشرة ، ولكنها مأخوذة عن طريق حسابية خالصة . فالاعداد الخمسة الاولى ، المتوافقة مع الايام الخمسة الاولى ، هي في تصاعد هندسي في حين ان العشرة التالية ، المتوافقة مع الايام العشرة الاخيرة هي في تصاعد ارتمتيكي . وهذا الاسلوب هو استقراء تعميمي : انه يشبه اسلوب الفيزيائي ، الذي [بعد ان يحدد ، على مخطط ، نقطاً تتوزع بالتساوي فوق وتحت مستقيم ، منحدرٍ بشكل مناسب فوق محور « الابسيس » (abscisse)] . يعطي للظاهرة المدروسة قانوناً خطياً يوحي به عقله وان لم تدله التجربة عليه .

وفي ما خص عالمنا الفلكي ما تزال العقلانية عنده تتلمس . فهو يندفع اول الامر في سلسلة جيومترية تنمو وتتصاعد بسرعة . ثم يخفف من نورها بحيث يحصل على 240 في اليوم الخامس عشر باستعمال سلسلة ارتيمتيكية .

.. واسلوبه اصيل بشكل مضاعف . فهو غير تجريبي ، لانه يفرض قانوناً يكون تحكمياً في بعض الاحيان ، على الظاهرات التي يدرسها : وبهذا يتميز اسلوبه هذا عن التراث الفلكي السابق على الهلينية . كما انه ايضاً غير جيومتري ، كما سوف يصبح عند اليونان الذين كان حقلهم المفضل هو حقل

(*) الارتمتيك : هو علم الأعداد اي انه العلم الذي يدرس الخصائص الأولية للأعداد الجذرية (لاروس ، الترجمة) .

العلاقات الفضائية . بالنسبة الى الفلكي البابلي ، الشرح يعني الوقوع ثانيةً على تسلسلٍ عددي مألوف . وهكذا نرى ان علم الفلك الميزوبوتامي هو قبل كل شيء حسابي (اريتمتيكي) ومواقعي .

ادوات الرصد ـ من المهم الآن ان نذكر بعض الكلمات عن ادوات الرصد . فعدا عن العداد ، (الذي يستعمل لقياس المسافات الزاووية بين كوكبين)، كان البابليون مجهزين مثل الاغريق تقريباً من اجل الرصد النجومي . وكانوا يستعملون بشكل شائع على ما يبدو الادوات التالية :

1 ـ المزولة الشمسية le gnomon ـ انها الأداة الابسط التي عرفتها العصور القديمة . وقوامها قضيب مغروس عامودياً ، تراقب ظلاله . والظل الاقصر في اليوم يدل على الظهر (مرور الشمس في خط الزوال . والظل الاقصر بخلال السنة يدل على المنقلب الصيفي ، والظل الاطول يدل على المنقلب الشتوي .

2 ـ الساعة المائية la clepsydre ـ: في الوقت الممطر ، وبخاصة اثناء الليل لا يمكن للساعة الشمسية ان تعين الوقت . وعندها تستعمل الساعة المائية . وتتألف من وعاء مستدير مدرج ومرقم ، اليه ينساب الماء من خزان . والساعة المائية مثل المزولة ، كانت معروفة ايضاً لدى المصريين وقد شاع استعمالها عند كل شعوب العصور القديمة . وقد استكمل الرومان هذه الساعة فزودوها بطواشات تدير دواليب مرتبطة بأبر تدور حول مستديرة مرقمة . وكانت هذه المعدات ما تزال تستعمل حتى ايام لويس الرابع عشر **Louis XIV** .

3 ـ **البولو** le polos ـ وهي اداة خاصة بالميزوبوتاميين . وكانت مؤلفة من نصف كرة جوفاء قطرها كبير وحدبتها نحو السماء . وعلق فوق هذه الكرة بشكل مثبت مع مركزها جلة صغيرة تعترض نور الشمس ، اما ظلها فينقذف على السطح الداخلي للكرة . وهكذا ترسم حركة الشمس بدقة في باطن « البولو » . اما انحناء دائرة البروج فيقرأ مباشرة في الآلة وكذلك تاريخ تساوي الفصول وتاريخ انقلاب الشمس الصيفي والشتوي .

وقد حسن التقنيون الاغريق في « البولو » . فأستعملوا بدلاً من نصف الكرة الاجوف كرة كاملة مكونة من شريط ، هو الزودياك Zodiaque او فلك البروج ومن دوائر بشكل مشبك مرتبة عادة حول الدائرة البروجية انها الذراع الذي يتيح تحديد موقع الكواكب في السماء بالمقارنة المباشرة .

ورغم ان البابليين عرفوا تقريباً كل الادوات التي استعملها الاغريق فيما بعد لرصد قبة السماء فان ارصادهم ظلت وراء الارصاد التي وضعها امثال ايبارك Hippatque او بطليموس Ptolémée . والسبب في ذلك ليس في الصفة البدائية التي كانت عليها هذه الادوات بل لانهم كانوا يهتمون قبل كل شيء بظهور او غروب الكواكب عند مستوى الافق .

ولكن مهما كانت السماء في الشرق صافية ، فان مستوى الافق يظل خطاً سيىء الرؤية ، بمقدار ما هو مغشى في اغلب الاحيان بالعواصف الرملية . فضلاً عن ذلك لا يمكن للارصاد الافقية ، التي تحصل بعد غروب الشمس بقليل او قبل بزوغها ، ان تكون دقيقة كمثل الرصد الجاري في عز الليل . ولهذا كانت المشكلة الرئيسية التي تطرح نفسها على الراصد البابلي هي تحديد اول الهلال المرئي في اول

الشهر الجديد ، وكان هذا الامر دقيقاً جداً يصعب حله . وبالمقابل ان رصد الكسوفات كان اكثر سهولة . وكان بطليموس ، الذي اسف لعدم عثوره في المستندات الميزوبوتامية على اشارات صالحة حول الكواكب ، قد استطاع رغم ذلك ان يجمع جداول الكسوفات العائدة الى حكم نابو نصر Nabonassar (القرن الثامن قبل المسيح) .

2 ـ مضمون علم الفلك الاشوري البابلي

من وجهة النظر العلمية لا يمكن ايراد شيء واضح عن علم الكون البابلي ، وبصورة اولى ، عن الكوسمولوجيا cosmologie السومرية . فالعلمان ، كما سبق القول ، هما حتى الآن يسودهما الدين والاساطير . ولم يوجد في ميزوبوتاميا نظام كوسمولوجي علماني كما سوف يكون في اليونان مثلاً .

والفلكيون البابليون ، وان كانوا ايضاً منجمين ، لم يبتعدوا عن ما هو مرصود مباشرة ، وفي هذا المجال ، كانت اهتماماتهم محكومة بمشكلة اساسية : كيف يمكن ترتيب الروزنامة القمرية مع حركة الشمس ، وكانت حركة الكواكب ووصف السماء بالنسبة اليهم مواضيع جانبية .

الروزنامة القمرية ـ بالنسبة الى شعب راع وزارع كانت الساعة المثالية هي القمر . فمواقعه المنتظمة توحي رأساً بفكرة الدورة وتقدم اساس قياس بدائي للزمن . في الاصل كانت الروزنامة عند البابليين قمرية . وكان العنصر الاساسي عندهم الهلة القمرية ، اي المسافة الزمنية بين قمرين جديدين متتاليين .

ولكن مدة الاقمار كانت تتغير : فهي مرة 29 يوماً و 6 ساعات ومرة 29 يوماً و 20 ساعة . والحساب البسيط يدل ان مدة الشهر القمري الوسطى هي 29 يوماً و12 ساعة و44 دقيقة وثانيتين اي اكثر من 29 يوماً بقليل .

وهكذا تتفق الروزنامة التي اشهرها 29 و30 يوماً مع الدورة القمرية . ولكي يكون التطابق كاملاً ، كان من الواجب اطالة شهر من 29 يوماً بجعله ثلاثين يوماً كل ثلاثين شهراً . وفي ميزوبوتاميا لم تكن جداول الأشهر متشابهة وموحدة فقد كانت هذه الجداول تختلف بين مدينة واخرى وخاصة في الحقبة القديمة جداً . ولذلك كان الحال بالنسبة الى مطلع السنة . وعلى العموم كان مطلع السنة يبدأ مع أول هلال يلي التعادل الربيعي (أي تعادل الليل والنهار) . ولكن العادات الموروثة الثابتة والمعتقدات الدينية احتفظت لمدة طويلة بذكرى حقبة كانت السنة فيها تبدأ في الخريف في شهر تشريت Teshrit وهذا الاسم يعني البداية .

اما الروزنامة البابلية الكلاسيكية التي اعتمدتها اشور Assyrie زمن تغلت فلاسر الاول Téglat — Phalasar I[er] فتتضمن الاشهر الاثني عشر التالية :

1 ـ نيسان Nisan	آذار	نيسان	7 ـ تشريت Texhrit	ايلول	تشرين
2 ـ أيار Aiar	نيسان	أيار	8 ـ اراح سمنة Arahsamna	تشرين 1	تشرين 2
3 ـ سيوان Siwân	أيار	حزيران	9 ـ كيسيليمو Kisilimmou	تشرين 2	كانون 1
4 ـ تموز Tammouz	حزيران	تموز	10 ـ تبت Tebet	كانون 1	كانون 2
5 ـ آب Ab	تموز	آب	11 ـ شباط Shebat	كانون 2	شباط
6 ـ ايلول Eloûl	آب	ايلول	12 ـ آذار Adar	شباط	آذار

وكان البابليون يقسمون اليوم الى 12 قسماً متساوياً هو البيرو bêrou . ويعادل كل قسم ساعة مزدوجة وعملاً بمبدأ الستينية الذي كان مطبقاً في ميزوبوتاميا كانت الساعة المزدوجة تقسم الى 60 دقيقة مزدوجة . والدقيقة المزدوجة الى 60 ثانية مزدوجة . وهذه الاجزاء المضاعفة كانت نظرية ، لان الساعات المائية التي كانت تستعمل لقياس « البيرو » ذات دقة ضعيفة . ومن المفيد ان نشير عرضاً ان العبرانيين بعد اسر بابل ، اعتمدوا مبدأ التقسيم : الفرعي ، وكذلك فعل الاغريق ثم الرومان مثلهم .

ومثل هذه الروزنامة تثير صعوبتين . الاولى عدم التطابق بين السنة القمرية وسنة الفصول . فالاثنا عشر شهراً قمرياً ، المتوسطة تساوي 354 يوماً ، اي اقل من السنة الشمسية بـ11 يوماً وربع . وبعد ثلاث سنوات يصبح الفرق اكثر من شهر . وبعد 9 سنوات يكون هناك فصل كامل فرقاً . وكان لا بد من التصحيح بصورة دورية . فكان الملك يقرر اضافة شهر ثالث عشر على السنة ، كما نضيف نحن يوماً واحداً ، كل اربع سنوات على سنتنا المدنية الحديثة . من المؤكد انه في مطلع تاريخ ميزوبوتاميا ، اوجبت الظروف الزراعية اضافة هذا الشهر . ولكن سرعان ما اعتمد الرصد النجومي الذي كان من السهل اعادة تكوين مبدأه . وكان الميزوبوتاميون يربطون بكل شهر البزوغ الشمسي لكوكب او لعدة كواكب . وعندما يكون هذا البزوغ في شهر غير الشهر المعتاد ، كان الملك يصدر قراراً باضافة شهر اضافي الى السنة ، وكان هذا الشهر يحمل اسم الشهر الذي مضى مع كلمة مكرر ، وهكذا كتب حمورابي : « هذه السنة ناقصة . فلنكتب الشهر القادم كأيلول 2 » .

وكان الملك لا يريد ان يترك هذا الشهر الاضافي للمكلفين بالضرائب فيقول : « ان دفع الضرائب في بابل ينتهي في 25 ايلول الثاني بدلاً من 25 « تشريت » .

وفي الواقع ، وحتى القرن السادس من عصرنا ، لم تكن الفروقات منتظمة . فلم يكن من النادر رؤية سنوات من 14 شهراً او سنتين متتاليتين من 13 شهراً الخ ، وفي القرن الرابع ظهرت قاعدة طبقت بانتظام أوجبت سبع اضافات خلال 19 سنة . وكانت هذه القاعدة ترتكز على الرصد الأولي بان 235 شهراً قمرياً تعادل بالضبط 19 سنة شمسية (أي 19 سنة قمرية و 7 اشهر) . وهذه هي الدورة المسماة دورة متون Me´ton باسم فلكي يوناني من القرن الخامس قبل المسيح .

ولكن الروزنامة القمرية تتضمن صعوبة ثانية ، اكثر خطورة من الناحية العلمية . فالشهر

البابلي يبدأ مساء رؤ ية الهلال الجديد لاول مرة ، بعد غياب الشمس بقليل . وفي بعض الازمنة ، يحدث هذا البزوغ في اليوم التالي للشهر الجديد وفي احيان اخرى ، يجب انتظار الليلة الثانية حتى تمكن مشاهدته . في الحالة الأولى يكون الشهر الذي مضى 29 يوماً . في الحالة الثانية يكون الشهر الماضي 30 يوماً . من الناحية العملية لا توجد مشكلة اذا كانت شروط الرؤ ية عند الافق جيدة (ولكن الامر لم يكن كذلك دائماً ، وهذا معروف من تقارير الفلكيين) . ولكن كيف يمكن التنبؤ بطول شهر كيسليمو (كانون الاول) مثلاً إذا كنا نحن في شهر « تبت » اي كانون الثاني ؟

وللاجابة على هذا السؤ ال او على السؤ ال الاعم : ما هو طول الشهر القمري ؟ . وضع المنجمون من العصر السلوقي ، وبعد السنة 311 قبل عصرنا جداول روزنامات تحسب حساباً لمختلف عوامل رؤ ية الهلال الجديد في الافق .

الروزنامات القمرية ـ تظهر هذه الروزنامات بشكل جداول او لوحات تتضمن عدة اعمدة رقمية ـ ولا صعوبة في قراءة هذه النصوص . فقد كان يكفي استبيان الاعداد المدونة على الآجر . وكانت المشكلة الاكثر دقة تتعلق بالتفسير . ما تعني هذه الارقام ؟ ومع اي ملاحظات تتوافق . امام هذه النصوص الجبرية نجد ، كمرشد ، النصَّ والمسار الحديث للحل . ولكن في هذه الجداول الفلكية لا شيء متماثل . ويعود الفضل في تفسيرها الملائم الى ابنغ Epping وكوغلر Kugler .

بيَّن كوغلر ان الروزنامات يمكن ان تصنف ضمن فئتين ـ روزنامات النمط الاول وفيها تفترض سرعة الشمس واحدة فوق قوسين استكماليين في دائرة البروج . (وهكذا امر لا يتفق مع الرصد ولكنه ابسط « حسابياً » ، اذ بواسطته نحصل على تصاعديات عددية منتظمة في الاعمدة المقابلة) .

وفي الروزنامات من النمط الثاني لا تكون سلسلات الاعداد الممثلة لمختلف اوضاع الشمس في اشهر السنة ، في حالة تصاعد « حسابي » «arithmetique» ، بل تتغير دورياً (وهنا لا تكون سرعة الشمس ثابتة وهذا يتوافق اكثر مع الرصد) .

ولاسباب عدة تم الاتفاق على اعتبار النمط الاول وكأنه الاقدم ، والنمط (الثاني) لم يستبعد الاول : فالاسلوبان تعايشا حتى عشية العصر المسيحي . ونجهل سبب هذا التعايش الذي لم يكن حدثاً محلياً لان النوعين من الروزنامات كانا موجودين في بابل وفي اوروك Uruk .

طول الشهر القمري ـ: قلنا اعلاه ان الاهتمام بالروزنامة كان مفتاح جداول الرصد . وقبل تفحص هذه النصوص بالتفصيل ، من الضروري توضيح كيفية طرح الموضوع بتعابير عصرية . لحظة دخول الشهر تكون الشمس والارض والقمر في مواقع تواصل ـ فنحن لا نرى القمر ، الذي يكون نصفه المضاء غير موجه نحو الارض . وفي اليوم التالي للقمر الجديد يكون قسم ضئيل من نصفه المضاء باتجاه الارض . وفي كل يوم يَعْرَضُ هذا القسم ويتسع ويكون القمر في اول هلاله . ولمشاهدة الهلال لاول مرة ، يجب ان تكون الشمس غارقة وراء الافق ، بحيث لا يكون القمر مقرّباً جداً من الشمس . وإذاً فبداية الشهر القمري تتعلق «بالمسافة الزاوية» «قمر ـ شمس» . وبعد مقدارٍ ما «λ» من هذه المسافة ، يصبح الهلال مرئياً لأول مرة بعد الالتحام . والتنبؤ «λ» يسهل إذا كان مسار كل من الشمس والقمر منتظماً . الواقع ان المسافة الزاوية شمس ـ قمر تختلف كل يوم بين عشر واربع عشرة درجة ، فالقمر يسبق الشمس يومياً بمعدل 12 درجة .

وإذاً لا بد من وضع جدول يظهر المواقع المقارنة بين القمر والشمس في مختلف اوقات السنة . ومن ثم التفحص ، بالنسبة الى كل شهر ، عن اللحظة التي تتحقق فيها القيمة « ٨ ° ». ويدخل عامل آخر هو انحدارية المدار . من المعروف بالنسبة الى علم الفلك الظاهري ان الشمس ترسم بخلال سنة ، في قبة السماء دائرة هي مدارها او برجها بانحناء 23 درجة و27 ثانية بالنسبة الى خط الاستواء .

وهذه الدائرة يمكن ان تزرع بنقاط الارتكاز المأخوذة من بين مجموعات الكواكب المجاورة . ومنذ زمن بعيد قسم الرصاد المدار او منطقة البروج الى 12 قطاعاً كل واحد 30 درجة حددت بابراج او مواقع يشكل مجموعها فلك البروج او « الزودياك ». وفي منقلب الشتاء ومنقلب الصيف تحتل الشمس مواقع قصوى تقع على التوالي عند23° و27″ تحت وفوق خط الاستواء . ولما كانت بابل في الدرجة 32 من النصف الشمالي ، فهي في هذا الموقع من الافق ترسم زاوية من 58°مع خط الاستواء السماوي . اما الاتجاهات الهاجرية [نسبة الى خط الهاجرة] القصوى للشمس فهي : 58° ناقص 27′ 23° = 33′ 34° فوق الأفق (وهذا منقلب الشتاء) ، ثم 58° + 27′ 23° = 27′ 81° فوق الأفق (وهذا منقلب الصيف) .

ومن جهة اخرى يتأرجح القمر بين جهتي سطح المدار بزاوية 5 درجات هذا الفارق لا يؤثر في رؤية اول هلال جديد الا في جوار الموقع الاقصى الاول اي (في منقلب الشتاء).

من جراء هذا ، إذا كانت بداية الشهر القمري محددة باول ظهور للهلال بعد القمر الجديد ، فمن الواجب الاخذ في الاعتبار السرعة النسبية المتغيرة للقمر وللشمس ، وايضاً لارتفاع هذه الاخيرة فوق الافق عند الظهر . والروزنامات القمرية تقدم العناصر التي يتيح تمازجها استباق معرفة طول الشهر القمري .

ونقصر تحليلنا لهذه الجداول القمرية على مثل مأخوذ من جزء من روزنامة ، درسها « كوغلر » (رقم 272 , 81 — 7 — 6 . 1 obv — 8 — الى 20، مجموعة A و B) . ويظهر النص كما يلي :

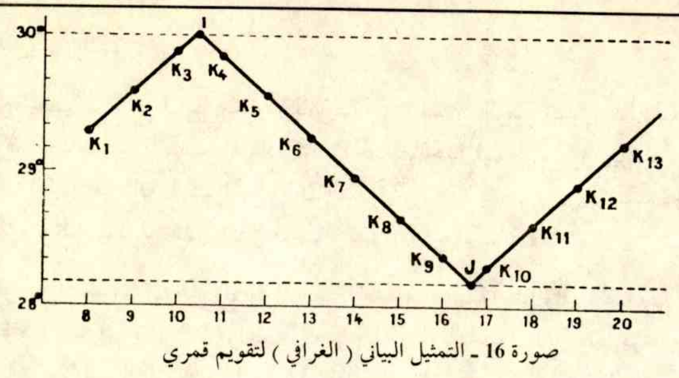
البروج	B	A	الأشهر	السطور
الميزان	23 6 44 22	29 18 40 2	ايلول 2	8..........
العقرب	22 43 24 24	29 36 40 2	تشريت	9..........
القوس	22 38 4 26	29 54 40 2	اراح سمنة	10..........
الجدى	22 29 22 24	29 51 17 58	كيسيليمو	11..........
الدلو	22 2 40 22	29 33 17 58	تبت	12..........
الحوت	21 17 58 20	29 15 17 58	شباط	13..........
الحمل	20 15 16 18	28 57 17 58	آذار	14..........
الثور	18 54 34 16	28 39 17 58	نيسان	15..........
الجوزاء	17 15 52 14	28 21 17 56	أيار	16..........
السرطان	15 33 53 36	28 18 1 22	سيوان	17..........
الأسد	14 9 54 58	28 36 1 22	تموز	18..........
العذراء	13 3 56 20	28 54 1 22	آب	19..........
الميزان	12 15 57 42	29 12 1 22	ايلول 1	20..........

العامود الاول يحمل ارقام الاسطر . العامود الثاني سلسلة من 13 شهراً قمرياً باعتبار شهر ايلول الثاني هو شهر اضافي ، ويأتي بعد ايلول الأول . في العمود الاخير اشارة الى الابراج . العمود B يمثل موقع الشمس في البرج عند بداية كل شهر : وهكذا عند اتصال ارض - قمر - شمس في آخر ايلول 2 وبداية تشرين ، تكون الشمس في الميزان عند ‴22 ″44′6 °23 . وفي الاتصال التالي تكون الشمس عند ‴24 ″24 ′43 °52 من الميزان اي عند ‴24 ″24 ′43 °22 من العقرب.وهكذا على التوالي. وهذه الأبعاد المدارية للشمس هي نفسها للقمر لأنهما في وضع الالتحام . وعندما تنتقل الشمس من A^1 الى A^2 يكون قد مضى شهر قمري والفرق :‴24 ″24 ′43 °52 - ‴22 ″44 ′6 °23 أي ‴2 ″40 ′36 °29 وهذا يمثل النقل الشهري للشمس . وبالضبط انه عدد الخط الثاني من العمود A .

ونتأكد بان الاعداد الاخرى من هذا العمود تعطي المسافة التي قطعتها الشمس خلال مختلف اشهر السنة . وهذه الاعداد بحكم عدم تساويها ، تجعلنا امام روزنامة من النمط الثاني تعلمنا عن التنقل الشهري المتغير للشمس (عمود A) وعن موقع الشمس والقمر عند الالتصاق (عمود B) .

ومن العمود A يمكن ان نستنتج معلومات اخرى وان نحن اهملنا المجموعتين الاخيرتين من الاعداد اي الثنائية والثلاثية ، تشكل الارقام الباقية تصاعدية حسابية . larithm بمعدل 18 ، مرة تكون تصاعدية ومرة تنازلية . وعلى هذا فالأسطر الثلاثة الأولى ′54 °29 ; ′36 °29 ; ′18 °29 تدل على تزايد منتظم في التنقل الشهري . اما الستة اسطر التي تليها فتدل ان تنقل الشمس الشهري يتناقص . وبين الشهر الثالث والشهر الرابع يصل هذا التنقل الى قيمة قصوى « مثالية » هي M. وفي الاسطر الاربعة الاخيرة يعود التنقل ليصبح متصاعداً من جديد . وهناك حد ادنى m يتحقق بين الشهر التاسع والشهر العاشر .

ولتمثيل هذه المعطيات بالرسم نضع على سطر « احداثي افقي » abscisse - الازمنة الحاصلة ، مع الافتراض بان $x_1 = 8$ تدليلاً على الاتصال الحاصل في آخر ايلول 2 : ثم على التوالي $x_2 = 9$ فيما خص السطر 9 و $x3 = 10$ فيما خص السطر 10 الخ . ونضع في خط « المنتظم العامودي » (ordonnée) اعداد العمود A . والنقط K^1 و K^2 الخ الحاصلة على هذا الشكل تتوزع الى ثلاث فئات :



صورة 16 ـ التمثيل البياني (الغرافي) لتقويم قمري

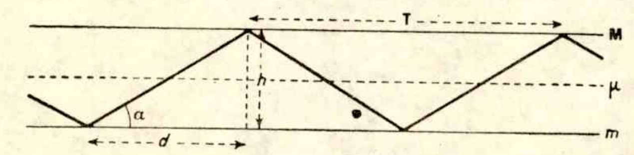
a) ان النقاط $K^1 K^2 K^3$ تشكل خطاً هو D من منحدر يساوي 18 + وهو معدل التصاعد الحسابي .
b) النقاط K^4 K^5 . . . K^9 تشكل خطاً هو D^1 ذو انحدار سلبي يساوي 18 − (تصاعد عكسي) .
c) النقاط K^{10} ... K^{14} تشكل مستقيماً D'' منحدرة 18 + ونقاط التقاطع I (xi,yi) و J (yj,xj) للمستقيمين D , D′ ثم للمستقيمين D′ , D″ تتحدد بسهولة .

ونتأكد ان $y_i = M = 30^o\ 1'\ 59''$ وان $y_j = m = 28^o\ 10'\ 39''\ 40'''$

هاتان القيمتان القصويان تتكرران في كل الجداول المشابهة للجدول الذي درسناه . وبالاختصار ان السرعة الشهرية للشمس هي علاقة دورية تتأرجح بين القيم القصوى M و m .

أما القيمة الوسطية لهذه العلاقة فتساوي : $\mu = (M + m)/2 = 29^o\ 6'\ 19''\ 20'''$. واذا مثلنا تتابع الذُرى والخصائص نحصل على خط منكسر منتظم . والمسافة T بين ذروتين متتاليتين تدل على حقبة العلاقة اي على طول السنة الشمسية محسوبة باشهر قمرية (سينوديك) synodiques [الوقت اللازم لكوكب كي يعود الى التلاقي مع الشمس من جديد] ونرى في الصورة 17 ان 2d = T ولكن : (معدل التصاعد الحسابي) t g a = h/d = r ومنه 2h/r = T . ولكن هنا :

$$h = M - m = 30^o\ 1'\ 59'' - 28^o\ 10'\ 39''\ 40''' = 1^o\ 51'\ 19''\ 20''' \text{ et } r = 18'$$



صورة 17 ـ الرسمة نفسها بسلم اصغر تدل على حساب مدة السنة الشمسية .

ومن استعمال الترقيم الستيني يكون $T = \frac{(1.51.19.20) \times 2}{18.0.0} \# 12 + 22/60$.والسنة الشمسية تساوي اذن اكثر من $12\frac{1}{3}$ شهراً قمرياً . ان الرسيمة العامة لروزنامة قمرية تتضمن اعمدة كثيرة (18 عموداً في الروزنامات من الخط الثاني) توضح ، عدا عن التنقل الشهري للشمس ، وطول مدار الشمس والقمر عند التقائهما ، طول اليوم والليلة ، والتغيرات في سرعة القمر ، وطول الشهر القمري الدوراني synodiques، مع الاخذ في الاعتبار الحركة المتغيرة للشمس وللقمر ثم تواريخ الاتصال المتتالية ، ثم التغيرات في المسافة بين القمر والشمس ، ثم انحدار المدار الشمسي فوق

الافق ، واخيراً ارتفاع القمر .

وكل هذه المعطيات تتيح قياس معيارٍ (باراميتر) P يقيس الزمن الذي بخلاله يظل الهلال الجديد فوق الافق بعد غياب الشمس . واذا كان P ضعيفاً جداً فيتوجب مرور يوم آخر قبل ان يبدأ الشهر الجديد . واخيراً اذا كان P كبيراً جداً فان الشهر يكون قد بدأ . ومع الاسف نجهل على ماذا كان يعتمد الفلكيون البابليون ليؤكدوا ان P كانت « كبيرة بما فيه الكفاية » .

وهنا يخطر سؤال بديهي . هل ان الاشارات العددية الدقيقة جداً والتي تقدمها الروزنامات تتلاءم مع الشروط المادية للرصد ؟ الجواب هو حتماً سلبي . فالبابليون لم يكونوا مؤهلين للقياسات القريبة من الثانية ، ولا من الثالثة Tierce تقريباً . ولكنهم كانوا حسابيين تجاوزوا دائماً حدود التجربة باسم « علم حساب الاعداد الجذرية » (الارتمتيك) . فقد اعطوا للاعداد البدائية العمياء التي اوصلتها التجربة اليهم ، تعديلات وتحويلات حسابية تعطيها دقة ظاهرية وان كانت وهمية[1] .

الكسوفات ـ انطلاقاً من الروزنامات كان من الممكن التنبؤ بالانقشاع والرؤية وباهمية كسوف القمر : فقد كانوا يعرفون لحظات الاتصال والتعارض بالنسبة الى الشمس . والواقع انه منذ ايام سرجون sargon القديم ، يبدو ان البابليين كانوا قادرين على معرفة الكسوفات قبل وقوعها بدون خطأ كبير ، وقبل حصولهم على معلومات منظمة بواسطة الروزنامات . وهذا ناتج عن ان كسوفات القمر مرتبطة بملاحظات بسيطة ـ : فهي تحصل دائماً في القمر البدر ، اي في منتصف الشهر المدني . ومن جهة اخرى انها لا تحدث الا عندما يقطع القمر المدار . وكان الميزوبوتاميون من كبار الرصاد لهذا القسم من السماء .

أما بالنسبة الى كسوفات الشمس فالمسألة اكثر تعقيداً . إذ ان استباق رؤية مثل هذا الكسوف من نقطة على الأرض يفترض معرفة المسافات بين الأرض والشمس ، والأرض والقمر ، ثم معرفة الأبعاد النسبية للكواكب . وهذا امر كان يجهله البابليون .

اما التنبؤ الوحيد الممكن فقد كان إذاً : هل ان كسوف الشمس ممكن ام لا . وإذا كان بعض المؤلفين قد عزوا الى الميزوبوتاميين معرفة دورة الـ 223 هلة lunaisons أو « ساروس » (Saros) (18 سنة و 11 يوماً) الأمر الذي يكرر بصورة دورية كسوفات القمر والشمس .وفي الواقع لا يوجد اي نص يثبت هذه الفرضية .

منطقة الأبراج أو الرسم البروجي :

أشرنا إلى أهمية علم الأبراج عند البابليين . وهذه الممارسة الفلكية حملتهم الى تحديد مسار الشمس في السماء ثم زرع هذا المسار بنقاط ارتكاز كانت في بادىء الأمر الكواكب الأكثر بريقاً . وقد استمر هذا النظام التحديدي حتى اواخر العهد السلوقي ، ثم اعتمدوا مجموعات كواكب كانت معروفة منذ اقدم العصور . من ذلك ان لوحات قديمة جداً سابقة على تخريب نينوي تتضمن رسوماً ظلت قائمة

---

(1) وعلى كل يجب ان لا ننسى ، أنه بدون أية آلة ، وبَعْد عدِّ الايام ، وعدد البدور المقابلة طيلة عشرين سنة ، يمكن تحديد مدة الشهر بفارق دقائق فقط .

حتى ايامنا في رسم الأبراج (زودياك) . من ذلك برج الثور حيث كان وقت الاعتدال [تساوي الليل والنهار] الربيعي ثم برج الأسد ونجمته ريجولوس Régulus والجدي والعقرب والحمل الخ . وهذه البروج مرتبطة « بشريط » واسع من عشرين درجة تتنقل عبره الكواكب . . .

ومنذ قمبيز Cambyse ، 523 ق . م . ثبت تقسيم كل اشارة الى ثلاثين درجة[1] ، الأمر الذي يثبت ان رسم البروج هو من خصائص الميزوبوتاميين . وبهذا الشأن يجب رفض نظرية مكروب Macrobe (القرن الخامس الميلادي) الذي جعل رسمة الأبراج اختراعاً مصرياً .

وتقسيم الأبراج الى 12 برجاً متساوياً قد تم بواسطة الساعة المائية : ومثل هذه العملية مستحيلة ولا تصلح إلا بالنسبة الى خط الاستواء ، إذ على خط المدار الشمسي يكون تصاعد الاشارات غير منسق . فضلاً عن ذلك ان الأوصاف البروجية الميزوبوتامية لا تحسب حساباً لفيضان النيل ولا للحقبة السوثياكية Sothiaque ، التي كانت اساس علم الفلك المصري .

الكواكب :

نتذكر اولاً بعض الوقائع الأولية المتعلقة بحركة الكواكب ، حركة تبدو ظاهرياً معقدة . من المعروف ان هذه الكواكب تتحرك فترسم مدارات تعتبر الشمس وكأنها احد مراكزها . هذه الحركة الفعلية ، إذا دمجت بالحركة الظاهرية للشمس حول الأرض تعطي لهذه الكواكب مداراً ظاهري التنظيم : فكل كوكب محرك مرة بحركة مباشرة من الغرب الى الشرق ومرة بحركة تقهقرية من الشرق الى الغرب . وكل تقهقر مسبوق بزمن توقف ظاهري (أو محطة) . فضلاً عن ذلك :

a) ـ في حالة كوكب اقرب [الى الشمس] ، (عطارد Mercure أو الزهرة Venus) تكون السرعة الزَّوية للكوكب فوق مداره اعلى من السرعة الزَّوية للشمس حول الأرض . ويمكن تقسيم المدار إلى قوسين فوق اكبرهما تضاف حركة الكوكب (P) إلى الحركة الظاهرية للشمس ، فيبدو الكوكب وكأنه يسير اسرع من الشمس (الحركة المباشرة) . في حين فوق القوس الثاني تتعارض الحركات الظاهرية . فيبدو الكوكب وكأنه يتراجع .

b) ـ بالنسبة الى كوكب اعلى مثل المريخ (Mars) والمشتري (Jupiter) وزحل (Saturne) ، تكون الحركة الظاهرة ابطأ من حركة الشمس ويكون القوس المتبع تقهقرياً اكبر من القوس المتبع بالاتجاه المباشر .

c) ـ وبالنسبة الى كوكب ادنى أو أعلى يكون مرئياً من الأرض ، يتوجب ان يكون على بعد ما زوِّياً من الشمس . ويثبت انه ، بالنسبة الى كوكب ادنى يكون هذا القوس الذي تنعدم فيه الرؤ ية اكبر في جوار الاتصال الأعلى منه في جوار الاتصال الأدنى . من جراء هذا لا يكون هذا الكوكب مرئياً بصورة دائمة عند تراجعه .

ويدل التحليل الاستدلالي على ان الكواكب العليا هي دائماً مرئية عند تراجعها .

---

(1) يبدو هذا التقسيم مؤكداً منذ النصف الثاني من الألف الثاني قبل عصرنا من خلال لوحة ، رسمت مقابل كل اشارة من اشارات البروج ، ثلاثين علامة متوازية تعادل فعلاً ثلاثين يوماً هي ايام الشهر .

ولم يكن الفلكيون الأغريق يهتمون الا قليلاً بالنقاط الملحوظة التي تحد من اقواس الرؤية ولا بمحطات الكواكب ، إذ سنداً لنظرية افلاك التدوير اي [الدوائر ذات المركز الواحد] لا تبدو هذه وكأنها ظاهرات غريبة . بالعكس عكف البابليون ، الذين لم يكن لديهم اية نظرية لتفسير شذوذات الحركات الكواكبية ، والمأخوذين دائماً بالمسائل البروجية، عكف هؤلاء بصورة خاصة على تحديد البزوغ والغروب ومحطات الكواكب ، كما كانوا حريصين على دراسة دورية هذه الأحداث . هذه الدراسة حملتهم على التحديد ، بصورة ثانوية ، وبالاستنتاج والاستنباط لموقع اي كوكب (P) في زمن معين (t) .

نأخذ مثلاً وضع المشتري ووضع عطارد اثبت كوغلر Kugler انه يوجد لرصد المشتري ثلاثة اساليب مختلفة :

1 ـ في الألواح الأقدم يقسم الفلك الى قوسين احدهما واقع بين الدرجة صفر من برج القوس والدرجة 25 من برج الجوزاء في حين ان القوس الآخر الأوسع يحتوي على 205° الباقية . على القوس الأول نفترض ان الدورة السينودية هي 366 يوماً قمرياً . والقوس الذي اجتازه فلك البروج بخلال دورة التراجع الكاملة (السينودية) Synodioue كان عندها يساوي 30° . وعلى القسم الآخر من فلك البروج نفترض وجود 402 يوماً و 36° . والقوس السينودي Synodie الوسطي للمشتري هو اذن 33° و 50′ . وهكذا نحصل ، بعد تصحيحات مناسبة ، بحسب ما اذا كان القوس السينودي يقع على اول قسم أو ثاني قسم من فلك البروج ، على تواريخ البزوغات الشمسية للمشتري ومحطاته . وادت الحسابات البابلية الى 65 دورة سينودية في 71 سنة وهو عدد قريب جداً من المقدار الحقيقي .

2 ـ وفي النصوص الأكثر جدة يبدو تحديد قيم القوس السينودي أقرب إلى الحقيقة . ويقسم فلك البروج الى أربعة أقسام :

- بين الدرجة التاسعة من برج السرطان والدرجة التاسعة من برج العذراء يكون القوس السينودي 30 درجة .
- بين الدرجة التاسعة من برج العذراء والدرجة الثانية من برج الجدي يكون القوس السينودي 33 درجة و 45 دقيقة .
- بين الدرجة الثانية من برج الجدي والدرجة الـ 17 من برج الثور يكون القوس السينودي 36 درجة .
- بين الدرجة الـ 17 من برج الثور والدرجة التاسعة من برج السرطان يكون القوس السينودي 33 درجة و45 دقيقة .

وهذا يعطي قوساً سينودياً وسطياً 33°20′37″ . ومسار الكوكب يكون أفضل وصفاً وحساب المواقع الملحوظة يكون مبسطاً .

3 ـ وفي نظام اخير يفترض ان القوس السينودي يتراجع باستمرار بمعدل 1° 48′ . بالنسبة الى كل

دورة سينودية . وهذا التبدل يجري بين حد اقصى هو 38°8′ وحد ادنى 28°15′30″ . والقيمة الوسطى للدورة السينودية في جوبيتر تساوي 398 يوماً و 99 جزءاً . (القيمة الحقيقة هي 398,92 يوماً) .

وفيما يختص « عطارد » تكون النتائج الحاصلة من قبل الفلكيين البابليين ذات دقة عجيبة واعلى من دقة هيبار Hipparque (ج . بيغوردان G. Bigourdan) نفترض معروفاً : t لحظة ، وا طول المكان الذي تصبح فيه « عطارد » مرئية كنجمة من نجوم الصباح . وإذا كانت الشمس وعطارد تحركهما معاً سرعة ثابتة ، فإن الظهور المتتالي والمتشابه يتمثل بالنقطتين a′ و a″ ، الخ . المصفوفة . الواقع ان هذه النقط a′ و a″ الخ توزع توزيعاً غير منتظم لأن سرعات هذه الكواكب ليست ثابتة . وتقسم روزنامات النمط الأول فلك البروج الى اقسام فيها تكون سرعة احد الكوكبين مفترضة ثابتة . وهي تتيح الحصول على تقريبات متتالية لتحديد النقط a′ و a″ ، الخ . وبوجه عام يمكن القول ان فلكي بابل قد تصرفوا بشكل تحليلي . فالكواكب ذات الحركة المنتظمة مثل فينوس (الزهرة) تُدرس بدون تقسيم مدار الشمس . وبالمقابل تقتضي كواكب مثل المريخ تقسيم المسار الظاهر للشمس الى ستة أقسام . وتعتبر حركة الكوكب منتظمة داخل كلٍ من هذه المسارات . والنتائج الحاصلة بهذا الأسلوب قريبة جداً من القيم الحديثة وهي احياناً ادق من النتائج الهائلة الحاصلة على يد الاغريق :

عطارد (مركير) 145 دورة سينودية في 46 سنة .

الزهرة (فينوس) 5 دورات سينودية في 8 سنوات .

المريخ (مارس) 15 دورة سينودية في 32 سنة .

المشتري (جوبيتر) 65 دورة سينودية في 71 سنة .

زحل (ساتورن) 57 دورة سينودية في 59 سنة .

وخلاصة القول ، في مختلف اقسام علم الفلك جمع البابليون نتائج صنفوها ورتبوها وفقاً لتراث واسلوب التقينا به ونحن ندرس اساليبهم الرياضية . وإذا لم تجر في ميزوبوتاميا محاولات نظرية لتفسير الكون فإن الفلكيين البابليين لم يغب عنهم نوع من الفهم للحتمية .

فرصد الأحداث كمياً ، ثم وضع روابط « علمية حسابية » دائمة فيما بينها ، ثم عدم البحث عن اساس ميتافيزيكي أو تيولوجي للوقائع ، في هذا كله يكمن بدون شك الدليل على فكر وضعي شبه كونتي (نسبة الى اوغيست كونت) . ويمكن القول بدون مغالطة عن وجود علم فلكي حق في ميزوبوتاميا .

Bibliographie

نعرض في المراجع الرئيسية المذكورة أدناه اشارة الى المراجـع المكملة : كتب قديمـة ، دراسات خاصة ، مقالات في مجالات .

الكتب العامة

B. Meissner, *Babylonien und Assyrien*, II (Heidelberg, 1925), chap. XV, XVII-XXI. — W. von Soden, *Leistung und Grenze Sumerischer und Babylonischer Wissenschaft*, *Die Welt als Geschichte*, II (1936), p. 411-464, 509-557.

الطب وعلم الطبيعة

B. Landsberger, *Die Fauna des alten Mesopotamiens...* (Leipzig, 1934). — R. C. Thompson, *A Dictionary of assyrian Chemistry and Geology* (Oxford, 1936) ; *A Dictionary of assyrian Botany* (London, 1949). — F. Kuchler, *Beiträge zur Kenntnis der assyrisch-babylonischen Medizin* (Leipzig, 1904). — H. Holma, *Die Namen der Körperteilen im Assyrisch-babylonischen* (Leipzig, 1911). — E. Ebeling, « Keilschrifttexten medizinischen Inhalts », *Arch. f. Gesch. d. Med.*, XIII (1921), XIV (1923). — G. Contenau, *La médecine en Assyrie et en Babylonie* (Paris, 1938). — H. E. Sigerist, *A History of Medicine* (Oxford, 1951), vol. I, p. 377-497. — R. Labat, *Traité akkadien de diagnostics et pronostics médicaux* (Leiden, 1951).

الرياضيات

Hilprecht, *Mathematical, metrological and chronological Tablets...* (Philadelphia, 1906). — Fr. Thureau-Dangin, *Esquisse d'une histoire du système sexagésimal* (Paris, 1932). — O. Neugebauer, *Mathematische Keilschrifttexte* (3 vol., Berlin, 1935-37). — Fr. Thureau-Dangin, *Textes mathématiques babyloniens* (Leiden, 1938). — O. Neugebauer-A. Sachs, *Mathematical cuneiform Texts* (New Haven, 1945). — H. Lewy, « Studies in assyro-babylonian Mathematics and Metrology », *Orientalia*, XVIII, 1949, ss. — O. Neugebauer, *The exact Sciences in Antiquity* (2 éd., Providence, 1957). — E. M. Bruins, *Fontes Matheseos, Hoofdpunten van het praegriekse en griekse wiskundig denken* (Leiden, 1953). — E. M. Bruins et M. Rutten, *Textes mathématiques de Suse*, Paris, 1961 (« Mémoires de la Mission archéologique en Iran », vol. XXXIV). — A. A. Waiman, *Sumero-babilonskaja Matematika* (Moscou, 1961, en russe).

علم الفلك

F. X. Kugler, *Sternkunde und Sterndienst in Babel*, I-II (1907-1910). — E. Weidner, *Handbuch der babylonischen Astronomie* (1915). — J. Schaumberger, *Sternkunde und Sterndienst*, Ergänzungsheft (1935). — O. Neugebauer, *Astronomical Cuneiform Texts* (3 vol., London, 1955). — A. Pannekoek, Planetary theories, *Popular astronomy*, v. 55, 1947 ; v. 56, 1948. — A. J. Sachs, éd., *Late babylonian astronomical and related texts* (Brown University Press, 1958).

الفصل الثالث
فينيقيا واسرائيل

بعد الألف الثالث قبل عصرنا عرفت المنطقة الواقعة بين ميزوبوتاميا العليا ومصر وفيها يدخل بصورة خاصة الشاطىء الفينيقي وفلسطين ازدهاراً في حضارة متناسقة نسبياً وغير عارية من الأصالة ، سمتها علوم الحفريات الحديثة باسم الحضارة الكنعانية . وهذا الاسم مستعار من العهد القديم من الكتاب المقدس (البيبل) Bible الذي يُسَمِّيْ ، بالبلاد الكنعانية او ارض كنعان ، البلاد التي توطن فيها العبرانيون ، اي فلسطين . كما اطلق اسم كنعانيين على السكان القدامى في هذه البلاد . ولكن في « البيبل » Bible نفسه ، وايضاً في نصوص متنوعة من الشرق القديم ، كان اسم كنعان له مدىً اكثر اتساعاً : إذ كان يدل ايضاً على فينيقيا وعلى قسم من سوريا على الأقل . والحضارة الكنعانية التي كتب لها ان تتطور وان تستمر طيلة حوالي ثلاثة آلاف سنة ، تأثرت عبر الأزمنة بالعديد من العوامل : الحضارات المصرية والميزوبوتامية والايجية والحتية ، وكلها انعكست فيها . ومن جهة اخرى تميزت بشكل ملحوظ نوعاً ما من بين الشعوب التي تبنتها ، إلا انها احتفظت لدى الجميع ببعض السمات الأساسية .

وفي فينيقيا ولا شك ، تبدت الحضارة الكنعانية بحالتها الأكثر صفاءً . وقد اعطتنا التنقيبات والحفريات الأثرية عدداً من الأبنية في فينيقيا القديمة . ولكن الفينقيين مع الأسف كتبوا على اوراق البردى . ولهذا فان ادبهم قد زال تقريباً وبشكل كامل . ولم يبق منه إلا الكتابات على الأحجار : وليست هذه بكافية لاعطاء المعلومات عن علم الفينيقيين القدماء . ولحسن الحظ وفي الطرف الشمالي من المملكة الكنعانية ، اعتادت مدينة أوغاريت Ugarit ، اليوم رأس شمرا ، ان تكتب على لوحات من الآجر وليس على بابيروس Papyrus أو البردى . فوصل الينا قسم من أدب أوغاريت . ويمكن ان نلتقط من هذه البقايا بعض نتف من المعلومات حول بعض اوجه العلم الفينيقي وهذه النتف مجموعة هنا في مقال قصير .

وهناك مقال ثانٍ يعالج العلم العبراني القديم . وان نحن جمعنا فينيقيا واسرائيل ، فذاك لأن ابناء اسرائيل عندما استقروا في فلسطين اخذوا عن الكنعانيين الكثير من العناصر الأساسية في حضارتهم الحضرية . مثلاً على ذلك ان داوود وسليمان توجها الى ملك صور للحصول على المهندسين

المعماريين وعلى البنائين والنجارين والفنانين الصناع من اجل بناء هيكل أورشليم ومن اجل تزيين عاصمتهم ، وحضارة اسرائيل في الكثير من النواحي ربما كانت نوعاً آخر من الحضارة الكنعانية : ولهذا السبب اقترن اسم الفينيقيين بالعبرانيين في هذا المجال .

I ـ العلم الفينيقي سنداً لمستندات رأس شمرا

في الألف الثاني ، وبصورة ادق في القرن 15 و 14 و 13 قبل المسيح قامت على شواطىء سوريا في مواجهة قبرص مدينة سميت اوغاريت Ugarit . وقد اكتشفت آثارها سنة 1928 ، وتم التقصي لهذه الآثار بعد 1929 ، من قبل بعثة بادارة كلود ف ـ آ . شيفر Claude F.A.Schaeffer .

قدمت هذه المدينة ، إضافة إلى العديد من الأشياء ، كمية من النصوص ، كتبت ، كما هو الحال في نصوص ميزوبوتاميا Mésopotamie ، على لوحات من التراب المشوي . ودونت ، بعضها باللغة الأشورية البابلية ، وبعضها الآخر باللغة الفينيقية ، بواسطة « الفباء » مؤلفة من ثلاثين حرفاً . ومن المعلوم ، منذ زمن بعيد ان « الألفباء » ، وهي اعظم اختراعات الفكر البشري ، هي من صنع الفينيقيين الذين نقلوها الى الأغريق ، ومن الأغريق الى كل العالم ما عدا الصين .

الترقيم ونظام الأوزان : الكثير من لوحات رأس شمرا هي مجرد صكوك تسليم بضائع وتتعلق بسلع متنوعة جداً ، في المقام الأول منها الخمر والزيت . وكانت الأعداد تذكر فيها في اغلب الأحيان بالحروف الكاملة ، ولكنها كثيراً ما ذكرت بأرقام اخذت عن بابل بما فيها الأرقام الكسرية . وكان نظام العد فيها عشرياً . وإن كان يكتشف فيها هنا وهناك بقايا من النظام الستيني السومري مثل ثلاثة وثلاثة دلالة على الستة ، وستة وستة دلالة على الاثني عشر .ويجدر ان نذكر انه إذا كانت عمليات الجمع كثيرة ، فليس هناك اي مثل يتعلق بالقواعد الثلاثة الأخرى .

وكان نظام الوزن قائماً على اساس السيكل Sicle (9 غرامات تقريباً) وعلى التالانت Talent أي 3000 سيكل أما الوزن الوسيط أو المين Mine فلا ذكر له في النصوص كوحدة عد . ولكن عثر الى جانب كفات الميزان البرونزي على اوزانٍ هي حبوب زيتون من الحجر ، وعلى اوزان لها شكل البقر الراقد . ومن بين هذه الأوزان الأخيرة كان هناك ما يزن 470 غرام تمثل « مين » متوسط بين « مين » مصر و « مين » بابل .

الروزنامة وعلم الكون : كانت السنة تتألف من اثني عشر شهراً قمرياً . وليس بالامكان القول ما هو الترتيب الذي نتابع به هذه الأشهر تماماً . ولكن الأسماء التي اعطيت لهذه الأشهر ، باستثناء واحد أو اثنين ، لا علاقة لها ببابل او آشور .

ويمكن الظن أن الأوغاريتين اخذوا عن ميزوبوتاميا مفاهيم في علم النجوم هذا إن لم يأخذوا عنهم في الفلك . ولكننا لا نستطيع ان نذكر بهذا الشأن إلاّ تلميحاً خفياً الى سير الكواكب التي كانت معرفتها من اختصاص بنت ملك اسطوري اسمه دانيل Danel .

علم البيطرة : ولدينا من جهة اخرى كتاب صغير فيه عشرة مقالات عددت فيها الأدوية التي كانت توصف للخيول المريضة في رئتيها أو المصابة بامراض مختلفة مثل حبس البول . ومن بين المواد المستعملة التي كانت تطحن على حدة أو مع غيرها يذكر الخس وجريش القمح ومادة اسمها الشندرس Chndrs التي تعني باليونانية العلس أو الحنطة الرومية أو الخندروس Chondros . وكل هذا هو من صلاحية الفن البيطري . وهي وصفات لا علاقة لها على الاطلاق بالوسائل السحرية .

II ـ العلم العبراني القديم

لكي نستعلم عن العلم العبراني القديم ، كما هو الحال بالنسبة الى كل المظاهر الأخرى من حضارة اسرائيل القديمة ، يعتبر المرجع الوحيد « البيبل » ولكن البيبل هو مجموعة ذات طابع ديني : وهي لا تتضمن اية كتابة ذات موضوع أو ذات مضمون علمي خالص . ولكن من هنا وهناك بعض آثار من تصورات علمية كانت سائدة في اسرائيل القديمة . ومن جهة اخرى إذا كان شعب اسرائيل قد لعب دوراً مهماً في التاريخ الديني البشري فقلما يبدو هذا الشعب وكأنه قد ابدع في العصور القديمة ، في المجال العلمي : وفي هذا المجال كما في غيره من المجالات لم يكن هذا الشعب الصغير الراحل سابقاً ، والذي لم يدخل الى فلسطين ولم يتحضر فيها إلا بصورة متأخرة نسبياً ، لم يكن إلّا ليتأثر بالحضارات القديمة والقوية مثل حضارة كنعان وحضارة ميزوبوتاميا وحضارة مصر ، والعلم في اسرائيل القديمة مأخوذ بأكمله عن الجيران . نذكر ان القبائل اليهودية لم تنتظم ضمن دولة ملكية إلّا في أواخر القرن الحادي عشر . ق . م . وان القوة السياسية لملكية اسرائيل كانت قصيرة المدة جداً ، ولم تكن من الطراز الأول إلّا بعد القرن الثامن . إذ انتقلت اسرائيل على التوالي من سيطرة الأشوريين الى سيطرة الكلدانيين فالفرس فاللاّجيدين فالسلوقيين فالرومان : اي أن دولة اسرائيل لم يتيسر لها ان تنمو ، بحيث تقيم حضارة اصيلة ، وانه في تاريخٍ عامٍ للعلوم يكون الفصل المخصص لهذه الحضارة ذا أهمية ثانوية وذا اتساع محدود .

إن اللوحة التي سوف نرسمها تهدف فقط الى اسرائيل القديمة التي يقفل تاريخها في السنة 70 من العصر المسيحي يوم استولى جيش طيطس Tites على أورشليم وبعدها زالت الدولة اليهودية .

الرياضيات : في دولة اسرائيل القديمة كان هناك نظامان للترقيم : النظام العشري والنظام الستيني . والنظام الأول متفرع ولا شك من استعمال الأصابع العشرة في العد . وكان الأعم : في اللغة العبرانية اسم العشرات من ثلاثين الى تسعين هو جمع الأعداد 3 الى 9 . والشعب الذي قاده موسى عبر الصحراء يقسم الى عشرات وخمسينات ومئات وألوف . « والعشر » كلمة دارجة . ومن بين المقاييس الدالة على السعة الباث bath وهو عشر الكور Kof ، والافة épha ، هي عشر الهومر hômer والعومر ômer هو عشر الأفة épba . اما مختصر القوانين الدينية والأخلاقية فهو الديكالوغ décalogue أو الوصايا العشر .

ولكن النظام الستيني المأخوذ عن بابل كان حياً ايضاً . فالعدد اثنا عشر نجده كثيراً : اثنا عشر

قبيلة في اسرائيل ، واثنا عشر رغيفاً واثنا عشر باباً للقدس المثالية التي وصفها « حزقيـل » Ezéchiel الخ .

ومن جهة اخرى ان العدد ستين هو الذي ينظم نظام الأوزان ، على الأقل في تشريع « حزقيل » (45,12) كما هو الحال في بابل ، يعادل التالانت Talént 60 « مين » والمين يساوي 60 « سيكلا » ، « والتـالانت » يعد حـوالي 3600 سيكل . وعـلى كلٍ ورد في سِفـر الخروج (26 - 38,25) ذكـرٌ لمئة « تالانت » قيمتها الاجمالية 300.000 « سيكل » : وفي هذا اثـر لنظام آخـر يساوي فيـه « التالانت » 3000 سيكل فقط (كما هو الحال في « أوغاريت ») والمين يساوي فقط 50 « سيكل » . ونـلاحظ من هذه الزاوية نوعاً من الضياع أو التأرجح بين نظامين في الترقيم .

وكانت الجيومتريا بدائية للغاية : إذ اقتصـرت على عمليات الكيل التي جرت بمهارة تقنية فائقة : وهذا ما دل عليه حفر نفق وقناة حزقية Ezéchias في القدس حيث توجب له تحديدُ معالمَ دقيقٌ للغاية . ولم تعرف اسرائيل القديمة الرياضيات العقلانية ولا العلم التجريدي للأعداد بل وسائل تجريبية .

الكوسمولوجيا أو علم الكون : كانت التصورات عن السماء وعن الظاهرات الطبيعية ساذجة للغاية . فالمطر مثلاً كان يعتقد انه نازل من خزانات أو من قِرَبْ في السماء ذات احجام هائلة ولكنها شبيهة بتلك التي يستعملها الانسان . أو انهم كانوا يتصورون ان كتلة من الماء موجودة فوق السماء وان الله يسكبها على الأرض ، اما بواسطة بعض القنوات السماوية ، أو يرميها من شبابيك مفتوحة في قبة السماء . وكانت السماء تسمى في العبرية الرقيعة râqia : وكانت تعتبـر كنوع من السقف ، وكـانت تشبه بالخيمة أو بالقبة . وهذه القبة لم تكن بعيدة جداً عن الأرض : فالطيور في طيرانها تقترب منهـا وتطالها من هنا التعبير الشائع « طيور السماء » . وعندما كان الله ينظر من اعالي السماء ، حيث يوجد عرشه إلى الناس ، كان هؤلاء يبدون له كالجراد . وفي السماء كان يوجد ، ليس المطر فقط بل ايضاً الندى والثلج والبَرَد والعاصفة والريح . ولكل منها مكان ، والله يأمر أيّاً منها بالخروج ساعـة يشاء . ومضمون السماء واسع جداً وكذلك غرفها المتنوعة ، حتى انهم كانوا يتصورون فيها عدة طبقات أو حتى عدة سموات .

وكان النور موجوداً بصورة مستقلة عن الشمس ، وقد خلق قبلها . ومقر النور في السماء وكذلك الظلمات . والشمس والقمر والنجوم تسير في السماء . وهي تتبع مطيعة السبل التي رسمها الله لها . ويرى مؤلف الفصل من سفـر التكوين ان الكـواكب ، هي منورات سمـاوية بسيـطة . ولكن هناك نصوص بابلية اخرى تعطي للكواكب شخصية اخرى اسطورية نوعاً ما : فالشمس تشبه بطلاً يستيقظ كل صباح مسروراً ويخرج من غرفته لكي يقطع طريقه الواجب . وكانوا يصفون نجوم الصبـاح التي تغني في كورس امام مشهد الخلق . والكواكب هي جيش السماء . والله يأمرها كما يأمر القائد جنوده ويعرفها كلاً باسمه . وهي تسرع وتحارب تحت امرته . ويشير كتاب ايوب Job الى عدد من الأبراج . ومن بين هذه عرفت مجموعة الدب الأكبر كما عرفت الثريات . ولكن الأمر يتعلق هنا بملاحظات بدائية قلما تصل الى مستوى العلم الفلكي البابلي . اما تصورهم للعاصفة فمملوء بالميتولوجيا : فالرعـد هو

صوت يهوه Yahvé و « يهوه » هو اسم إله اسرائيل . اما البرق فهي سهام تُطلق من قوس الله . وعندما ينتهي من اطلاقها فإنه يضع قوسه في الغيوم : وقوس قزح بعد العاصفة هو اشارة على ان غضب الله قد سكن .

وقبة السماء ترتكز على الجبال التي تبدو عند الأفق كالدعامات . والجبال هي عمدة السماء واساساتها المكينة ترتكز على اساس قاعه في الجحيم . وتحت الأرض وحولها دائرياً يمتد خضم واسع من المياه : انه المحيط الأعظم انه الهاوية ومنه نشأ البحر وعنه انبثقت المياه الأرضية التي تغذي الينابيع . والأرض والقارة هي مثل الدائرة التي تعلو فوق خضم كوني . ويبدو هذا الخضم غالباً بشكل اسطوري : انه الفوضى مجسدة والوحش الذي يهدد بابتلاع الأرض وتهديم السماء .

ونقرأ في التوراة Bible ان الله حبسه وراء ابواب وأسكار وقال له : « حتى هنا وليس ابعد . هنا تتكسر غطرسة امواجك » . وفي الفصل الأول من سفر التكوين يسمى هذا الخضم الأول تيهوم : وهي كلمة تذكر بكلمة تيمات Tiamat وهو الوحش المخيف الذي يجسد القيامة في القصيدة البابلية عن الخلق . وعندما خلق الله قبة السماء قسم كتلة المياه الاولية الى قسمين بحيث ان هناك مياهاً فوق السماء ومياه تحت السماء . ويذكر كتاب « ايوب » ببساطة « ان يهوه شق البحر » كما فعل الإله مردوخ Mardouk ، في القصيدة البابلية ، عندما شَقَّ الوحشَ « تيامت » .

إن الصورة العامة للعالم في اسرائيل كما عند البابليين هي التالية : في الأعلى السماء وخزاناتها وفي الوسط الأرض . وتحت الأرض المياه السفلى أو الحضيض . ولكن يوجد منطقة اسفل اكثر : فتحت الحضيض توجد الظلمات مقر الأموات . وهذا التصور يدعو الى تصور آخر اقدم ، واكثر شيوعاً ، وبموجبه يقع الحضيض أو الشوؤل Se'ôl في اعماق الأرض : وليس لهذه الأرض إلا ان تفتح فمها حتى يخرج اللاويون المجرمون : كوري Coré ، وداتان Datan ، وابيرام Abiram وينزلون احياء الى الشوؤل Se'ôl . وعندما يذكر محضر الارواح اندور Endor ، ظل صموئيل Samuel ، يصعد هذا الانسان حالاً ومباشرةً من الأرض .

والفصل الأول من سفر التكوين ، هو وحدة في التوراة يعطينا تمثيلاً عقلانياً تقريباً ومنهجياً للعالم : انه الصفحة الأولى من مؤلف ضخم ذي صفة تعليمية تتوزع عناصره في الكتب الستة الأولى من « البيبل » . ومن المتفق عليه عموماً ان هذا المؤلف رأى النور في حوالي القرن الخامس قبل المسيح . وقد وضعه احبار كانوا حريصين ، على تبرير المؤسسات والنظم الأساسية لليهودية ، وذلك بربطها في الماضي : ومن هنا اعطاؤها تسمية المستند الكهنوتي . ويبدأ سفر التكوين بحكاية الخلق في 6 أيام تتبعها راحة اليوم السابع وهذه هي بداية مؤسسة السبت . إن هذه الحكاية البسيطة والدقيقة تميز بين ثمانية اعمال متتابعة في عملية الخلق : النور والسماء والبحر والأرض ومعها النبات والكواكب والطيور والأسماك والحيوانات البرية بما فيها الانسان . ونلاحظ فيه الاهتمام بالترتيب والتصنيف : فالنباتات مثلاً تقسم الى قسمين : الاعشاب التي تحمل البذار بحسب نوعها ، والأشجار التي تعطي بحسب نوعها الأثمار حيث يوجد البذار . اما الانسان فقد خلقه الانسان على صورته ومشابهاً له .

ويعطينا النص المشابهة البدنية . ويتصور المؤلف ان الله له شكل الانسان . ويعطيه السيطرة على كل الكائنات الحية مثل الطيور والأسماك والحيوانات البرية .

الجغرافيا : لا شك ان الاسرائيليين الأقدمين لم يكونوا يعرفون إلّا قسماً صغيراً من العالم . وكانت فلسطين بالنسبة اليهم سرة الأرض . وبالنسبة الى فلسطين كانوا يعينون الجهات الأربعة الرئيسية : الغرب ويسمونه البحر اي البحر المتوسط . والجنوب اي النقب وهو اسم موضع واقع بين فلسطين ومصر .

اما الفصل العاشر من سفر التكوين فيبين لنا المدى الضيق في افقهم الجغرافي ، كما يبين اسلوبهم في تصور العلاقات العرقية والتاريخية القائمة بين مختلف شعوب الأرض . والحق ان هذا الفصل يمزج اجزاءً مأخوذة من مستندين مختلفين : مستند يهووي ، [نسبة الى يهوه] ، ويعود الى القرن التاسع والقرن الثامن قبل المسيح والمستند الكهنوتي الذي سبقت الاشارة اليه اعلاه . وبين الأول والثاني نلاحظ نوعاً من التوسيع في المعارف الجغرافية ، توسيعاً يستند الى الفرق بين تاريخ المستندين . في كل من هذين المستندين ، تعود الشعوب المختلفة الى نوح Noé والى ابنائه : سام Sem وشام Cham وجافث Japhet الباقين بعد الطوفان . ولكن الفكرة الرئيسية في « مستند يهوه » هي انها تربط بسام الشعوب المتبدية او التي خرجت حديثاً من حالة البداوة ، ومن هؤلاء العبرانيون انفسهم . واما شام فاليه تعود الشعوب المتحضرة التي لها حضارة قديمة مثل المصريين والأشوريين البابليين والكنعانيين . اما جافث فتعود اليه الشعوب البربرية في الشمال . والمستند الثاني ، بعكس الأول ، يهتم بصورة اساسية بالنظام الجغرافي ، ويربط « بسام » شعوب ميزوبوتاميا Mésopotamie . وسوريا Syrie . وبشام شعوب مصر والعربية . اما « جافث » فترتبط به شعوب اناضوليا Anatolie وأوروبا Europe . والكتابان ينطلقان من مبادىء مختلفة ومن الواضح ان اللوحتين لا تتوافقان في كل نقطة . فاشور Assour مثلاً تعود الى « شام » في « مستند يهوه » اما في « مستند الكهنوت » فهو من ابناء « سام » .

الروزنامة : يقتضي الاحتفال بمختلف الأعياد الدينية وجود روزنامة تحدد بدقة تواريخها . والروزنامة الاسرائيلية ترتكز بصورة اساسية على الشهر القمري : وظهور القمر الجديد أو الهلة يحدد بداية الشهر . وتتألف السنة من تتابع اثني عشر شهراً. ولكن بما ان السنة الشمسية هي 365 يوماً وربع اليوم وان اثنى عشر شهراً قمرياً لا تساوي الا 354 يوماً ، فقد يحدث بعد نهاية مدة من الزمن فرق ملحوظ بالنسبة الى الفصول الحقة ، اي الفصول التي تتعلق بها ، بشكل ثابت ، الأعمال الزراعية . ومن اجل اللحاق بدورة السنة الشمسية التي هي ايضاً السنة الزراعية اخترعوا دمج شهر اضافي كل عدة سنوات : فيكرر شهر آذار الذي يسبق هلال الربيع ؛ هذه السنة ذات الثلاثة عشر شهراً تسمى « السنة المزيدة » . ومثل هذا الاجراء استمر في الروزنامة اليهودية الحديثة حيث تكون السنوات ذات طول متغير : مثلاً السنة 5705 (= ايلول 1944 الى ايلول 1945) تضمنت 355 يوماً ، في حين ان السنوات الثلاث اللاحقة احتوت على التوالي 383 يوماً و 354 يوماً و 385 يوماً .

وربما يعود الفضل الى الكنعانيين اي الى السكان الأقدمين في فلسطين ، في ان الاسرائيليين اعتمدوا هذا النمط من الروزنامة القمرية وكذلك اسماء الأشهر . وهذه الأسماء على ما يبدو ذات علاقة بالحياة الزراعية : فأول شهر في الربيع (آذار ، نيسان) مثلاً كان يسمى « ابيب » Abib أي السنبلة . ولكن هذه الأسماء الكنعانية استبدلت فيما بعد بأرقام تسلسل بنسيطة تبدأ في اول قمر في الربيع : واصبح ابيب الشهر الأول . فضلاً عن ذلك وفي الحقبة التي عقبت الهجرة ، وجد اليهود انفسهم على اتصال وثيق بالعالم البابلي فاعتمدوا اسماء الروزنامة العتيقة روزنامة « نيبور » ، التي شاع استعمالها في ميزوبوتاميا Mésopotamie منذ ايام حمورابي Hammourapi : وسمي الشهر الأول نيسان Nisân اما الأشهر الباقية فهي على التوالي : أيار Iyyâr سيوان Siwân ، تموز Tammûz ، آب Ab ، ايلول Elûl ، تشري Tisri ، مرحيشوان Marhaswân ، كيسلو Kislew ، تيبت Tebet ، شباط Sebât ، وآذار Adâr . وظلت هذه الأسماء مستعملة في المعبد حتى ايامنا .

في الزمن القديم ، على ما يبدو كانت السنة تبدأ في يوم التعادل الخريفي ، فالخريف يدل على الانتقال من دورة زراعية الى اخرى . وانسجاماً مع هذا العرف القديم كان تاريخ رأس السنة الصحيح ، في الحقبة التي عقبت السبي يُحدد في اول يوم من شهر تشري (اي ايلول - تشرين الاول) . ولكن اسرائيل القديمة عرفت ايضاً استعمالاً آخر يجعل السنة تبدأ في يوم الاعتدال الربيعي : ووفقاً لهذا العد الآخر سمي شهر آبيب (آذار ونيسان) بالشهر الأول كما سبق القول . وفي اليوم الخامس عشر من هذا الشهر الأول كانوا يحتفلون بعيد الفصح أو عيد القيامة الذي به تبدأ دورة الاعياد الدينية السنوية .

والأسبوع يتألف من سبعة أيام . واليوم السابع هو يوم راحة (يوم سبت) وله مقام اساسي في الروزنامة العبرية . أما أصل مؤسسة السبت فما يزال غامضاً . وربما يجب العودة به الى التقسيم الرباعي للشهر القمري تبعاً لمراحل القمر الأربعة . وعلى كل يجب ان نلاحظ بان الشهر القمري يعد تماماً 29 يوماً و 53/100 من اليوم وان اسبوع السبعة الأيام ليس بالتمام والكمال ربع شهر قمري . والواقع ان دورة الأسابيع ، كما هي حاصلة في اسرائيل مستقلة تماماً عن دورة الأهلّة .

وايام الأسبوع ، باستثناء السبت ، ليس لها اسماء خاصة . ولكنها تحمل فقط عدداً ترتيبياً : اليوم الأول هو يوم الأحد عندنا واليوم الثاني هو الاثنين الخ . . . وعلى كل ، سمي اليوم السادس من الأسبوع أي عشية السبت ، وباللغة الآرامية ايضاً ، « عروبتا » أي « الساهر » وباللغة اليونانية « الإعداد » . ونشير ان اليوم القانوني كان على العموم يعد من ليلة الى ليلة اي من غياب الشمس الى غيابها . وهذا العرف ما يزال سائداً في الهيكل . في اواخر القرن الثاني قبل المسيح عرفتنا كتب جوبيلي Jubilé وهينوك Hénoch نوعاً من الروزنامة الجديدة تماماً ، والمؤسسة بصورة اساسية على تقسيم السنة الى اربعة فصول كل فصل من ثلاثة اشهر او اربع ثلاثيات وداخل كل فصل الشهر الأول والثاني عدد كل منهما ثلاثون يوماً أما الشهر الثالث فـ 31 يوماً . وكل فصل يعد بالتالي 91 يوماً مما يعطي 13 اسبوعاً . وتتضمن السنة باكملها 364 يوماً اي 52 اسبوعاً . ومثل هذا النظام يتميز بصورة اساسية بالتناسق التام المقرر بصورة مصطنعة ، إنما دقيقة بين الدورة الشمسية (الفصول الأربعة السنوية) ،

ودورة الأشهر (ثلاثة اشهر بالفصل و 12 شهراً بالسنة) ودورة الأسابيع (13 اسبوعاً بالفصل و 52 اسبوعاً في السنة) . من الواضح ان مجموع 12 شهراً قمرياً خالصا يساوي 354 يوماً ، فيحصل فرق عشرة ايام في كل سنة من 364 يوماً . والنظام يحملنا على الاحتفال بيوم السنة أو بأول يوم من كل اثني عشر شهراً في حين يختلف في اغلب الأحيان عن المرحلة الحقيقية للقمر . من المؤكد ، من جهة ثانية ، ان السنة الشمسية بما انها فعلاً 365 يوماً وربع اليوم ، فيوجد من جراء هذا فرق مقداره يوم وربع اليوم في السنة بالنسبة الى الحركة الحقيقية للشمس .

نحن لا نعرف ما هي التصحيحات التي ادخلت على هذه الروزنامة حتى تتوافق من هذه الناحية مع الواقع والحقيقة ، ولكن الجهد الذي تبذله من اجل التنسيق العملي بين الدورات الثلاث المختلفة للشمس والأشهر والأسابيع ، هو بالتأكيد جهد ملحوظ . والمخطوطات التي اكتشفت حديثاً في قمران Qoumrân قرب البحر الميت تدل ان هذه الروزنامة هي بالذات روزنامة الفرقة اليهودية المسماة الاسينية Esséniens : في بداية القرن الأول ق.م. وهي قلما يمكن ان تكون قد أخترعت قبل الحقبة الهلينستية : فقسمة السنة الى اربعة فصول هي عند اليهود تجديد اخذوه من العالم الهلينستي . واسرائيل القديمة لم تكن تعرف إلاّ فصلين : فصل الجفاف والحر (الصيف) وفصل ممطر وبارد (الشتاء) .

الترتيب التاريخي : من اجل تعداد وتاريخ السنوات لم يكن هناك دهر أو عصر في اسرائيل القديمة ، فقد كانوا يعودون ببساطة الى بعض الأحداث المهمة : سنتان بعد هزة الأرض . السنة التي جاء فيها تارتان Taratan الى اشدود Asdôd الخ . وفي الصكوك الرسمية وفي حوليات الملوك كانت السنوات تؤرخ من بداية صعود الملك الحاكم . وفيما بعد ، وفي الزمن الهلينستي اعتمد عصر السلوقيين الذي بدأ في اول نيسان سنة 311 ق.م .

وقد احتفظ التوراة : la Bible بآثار من نظام للتأريخ بموجبه يكون قد مضى 480 سنة بعد الخروج من مصر حتى بناء هيكل سليمان ، وبعدها ايضاً 480 سنة من هذا الحدث حتى نهاية السبي . إن الرقم 480 سنة هو رقم مصطنع : فهو يمثل مدة اثني عشر جيلاً قدرت مدة كل جيل منها 40 سنة . ومنذ القرون الوسطى اعتبر العصر المعتمد في الهيكل هو عصر التكوين : بعد الأخذ في الاعتبار مختلف المعطيات التأريخية الواردة في البيبل وفي التراث . وهذا العصر ، عصر الخلق ، يعد 3761 سنة بعد آدم وحتى العصر المسيحي وإذاً يجب طرح هذا الرقم 3761 سنة من تاريخ السنة اليهودية حتى نحصل على التاريخ الموافق للعصر المسيحي .

الكتابة : كانت لغة اسرائيل القديمة منذ استقرارها في فلسطين اللغة العبرية التي هي بدورها لهجةً كنعانية ، وكان البيبل في معظمه مدوناً بالعبرية . ولكن فيه بعض المقاطع مكتوبة بالآرامية : وذلك ان الآرامية ـ وهي لهجة سامية سادت في بلدان الشرق الادنى كله ، بعد الحقبة الفارسية ، ولقيت انتشاراً واسعاً ـ حلّت عند اليهود ، بعد النزوح ، محل اللغة العبرية ، كلغة دارجة .

ونمط الكتابة المستعمل في اسرائيل القديمة مأخوذ مباشرة عن الفينيقيين . واللغة الفينيقية هي لغة

« الفبائية » Alphabétique أي انها بخلاف الكتابات التي تدون الفكرة او المقطع ـ ترتكز على تفتيت عناصر الكلام تفتيتاً منهجياً وتقسمها الى احرف صوتية واحرف مدّ . ومنذ منتصف الألف الثاني اوجد الفينيقيون في « اوغاريت » الفباء من ثلاثين حرفاً تقتصر تقريباً على الأحرف الصوتية . وحوال الألف الثاني ، وفوق غطاء ضريح احيرام Ahiram ملك ببلوس وفوق ابنية اخرى ، ظهرت كتابة فينيقية اخرى صوتية خالصة وتتضمن فقط 22 حرفاً . وانتشرت هذه الألفباء الفينيقية ذات الاثني وعشرين حرفاً بسرعة لدى الشعوب المجاورة لفينيقيا : وهم الآراميون والعبرانيون والموآبيون Moabites . وانتقلت ايضاً الى الإغريق فتبنوها في لغتهم ونشروها في قسم كبير من العالم القديم . وغالبية الكتابات الحديثة هي اشتقاق مباشر أو غير مباشر من الألفباء الفينيقية . والكتابة العبرانية القديمة معروفة لدينا بفضل تدوين عثر عليه في جيزر Gézer (« الروزنامة الزراعية » في حوالي 900 سنة ق.م) وبفضل كتابة في « النفق القناة » المسمى سيلو Siloé (بداية القرن السابع) وايضاً بفضل عدد من الاختام والأحجار المحفورة . وهذه الكتابة إذا قورنت بالكتابة الفينيقية تدل على نوع من التطور . فهي تحاول ايضاً ، من أجل الاشارة الى حروف المد استعمال بعض الاشارات الصوتية الاثنتي والعشرين بتكرارها . وهذا الاسلوب يقصد به تسهيل القراءة . وقد ظهر ايضاً في التدوينات الآرامية القديمة (القرن التاسع) والقرن الثامن وفي مسلة Mésa ميزا ملك مواب Moab(القرن التاسع) ولكنه غاب عن مدونات الفينيقيين الخاصة .

وتلقت الكتابة الآرامية المأخوذة عن الفينيقيين ايضاً ، وبصورة مبكرة تطوراً ملحوظاً ، مستقلاً تماماً عن تطور الكتابة الفينيقية والكتابة العبرية المتأخرة . هذه الكتابة الآرامية المتميزة جداً اعتمدها اليهود بعد النزوح وكذلك استعمال اللغة الآرامية . هذه الكتابة ولِّدت في حوالي القرن الثالث والقرن الثاني ق.م « العبرية المربعة » اي نمط الكتابة المستعملة من قبل اليهود حتى ايامنا . ومن بين اقدم الأدلة على هذه « العبرية المربعة » ، تجب الاشارة بصورة خاصة الى مخطوطات البحر الميت التي تعود في تاريخها الى القرنين الأولين قبل المسيح والى القرن الأول بعد المسيح . ولكن في هذه الحصة توجد ايضاً بعض المستندات باللغة العبرية القديمة : وتدل هذه المستندات وكذلك المدونات على العملة الاشمونية asmonéenne وعلى عملة العصيان اليهودي الكبير (66 - 70ب م) ان نمط الكتابة القديمة الأقرب الى الكتابة الفينيقية ، والمستظهر بتراث راسخ لم يسقط في أيام الرومان بل انه استمر الى جانب العبرية المربعة السائدة الى حد بعيد .

الطب : لم تترك لنا اسرائيل القديمة أي كتاب في الطب مثل الكتب التي كانت لمصر او لبابل القديمتين . والمعلومات الموزعة في « التوراة » Bible تتيح الى حد ما تصور ما كان عليه علم الطبابة عند قدماء العبرانيين. كان هذا الطب سابحاً في التدين والسحر ، مع شيء من وسائل المعالجة المبنية على التجريب . ومراقبة الأمراض ظلت سطحية : فتشريح الجثث كان ممنوعاً بسبب النجاسة التي كانت مفترضة الوقوع من جراء ملامسة الميت . ولهذا لم يكن بالامكان مراقبة الأمراض ، غير امراض الجلد والكسور والجروح . وفي كتاب اللاويين Lévitique (13 - 14) ورد ذكر للجذام ولبعض امراض الجلد . ولكن لائحة هذه الأمراض الموضوعة لخدمة الكهنة المكلفين بتطبيق احكام الشريعة

حول الطهارة والنجاسة لم يكن فيها شيء من العلمية . وكلمة جذام (صَرَاعة) تدل على مرض الانسان وعلى مرض الألبسة وعلى مرض البيوت بآن واحد . وقد ورد ذكر للطاعون عدة مرات في البيبل . ويبدو أنهم ربطوا بين هذه الكارثة وتكاثر الجرذان . ولائحة النجاسات الجنسية المتأتية عن السيلان أو عن النزف (كتاب اللاويين 10) يمزج بين هذه الأمراض الزهرية والأحداث الفيزيولوجية العادية . وامراض العين كانت كثيرة وكذلك ضربات الشمس موصوفة في « البيبل » (2 ، الملوك ، 18,4-20) : أنه ولد احدى السونـاميت Sunamite الذي ذهب يفتش عن ابيه الذي كان يعمل حصاداً فصرخ فجأة رأسي رأسي . واعيد الى البيت فقضى بعد ذلك بقليل في حضن امه ، وبخصوص شخص اسمه نابال Nabal اصيب بعد وليمة بنقطة دماغية ، وقيل تفسيراً ان قلبه مات في داخله ، (أي انه فقد الوعي) ، وانه « اصبح كالحجر » (اي اصيب بالشلل) ، وبعدها اتضح انه مات بنوبة ثانية بعد عشرة ايام (« 1 اصموئيل » ، 37,25 - 38).

والفكرة العامة حول الأمراض هي انها تعزى الى عوامل إلهية أو شيطانية . لا شك انه عندما يتعلق الأمر بجروح أوحوادث ، فهم لا ينكرون السبب الطبيعي البارز : من ذلك ان طوبية Tobie اصبح اعمى لان سلح طير وقع في عينه . ولكن ، في اغلب الأحيان ، يعتبر المرضى « كضربة » يضربها الله أو هي من فعل الكائنات فوق الطبيعية .

وعندما اكتسح الطاعون بلاد اشدود « فلأن يد يهوه سقطت عليهم » . («1صموئيل » 6,5) و « أيوب » الذي اقعده المرض كان يردد : « يد الله ضربتني » . وعلى كل إذا كان يهوه صاحب الضربات فان الشيطان او الملاك العدو هو الذي يضرب مباشرة بأمر الله فقيل : « انه ضرب ايوب بتقيح خبيث ، من اخمص قدمه حتى اعلى رأسه » (ايوب 7,2) . وملاك الطاعون ، المرسل من قبل « يهوه » ، هوالذي اكتسح اورشليم (2 صموئيل 10,24 - 18) وفي الاعتقاد الشعبي تعتبر الأمراض العقلية من صنع الشياطين التي تسكن في المسكون . والشيطان ويسمى ايضاً ابليس او بليال Bélial هو زعيم هؤلاء الشياطين ، ويبدو المرض عموماً وكأنه عقوبة إلهية ، أو من جراء الخبث العفوي الكامن في النفوس الشريرة .

ضمن هذه الشروط ، يتوجب على المريض ليشفى ، ان يلجأ إلى ممارسات دينية أو سحرية . وإذا كان المرض عقوبة ارسلها الله ، فالله وحده هو الشافي . ويجب الطلب الى الله ، عن طريق الدعاء والمراسم المساعدة ، المسامحة في الخطيئة وتوقيف العذاب .

والعديد من الترانيم في المجموعة « البيبلية » هي ترانيم من اجل المرض : وعلى المريض ، في بداية الأمر على الأقل ان يذكرها خلال حفلة تكفيرية بقصد تخفيف غضب الله ، وفي حالات المس ، من جهة اخرى ، يتوجب ، من خلال طقوس معينة ، طرد الشيطان السيء . وفن الطبيب أو الشافي مرتبط في اغلب الأحيان بالسحر . وهذا السحر يمارسه بصورة أوْلى أولئك الذين لهم اتصال بعالم ما فوق الطبيعة : رجل الدين والساحر أو الكاهن . ونجد مثلاً في سفر « اللاويين » (14 - 1 - 8) وصفة سحرية كاملة لخدمة الكهنة ، من اجل الشفاء او التطهير ، تطهير المجذومين . والانبياء اليا Elie واليزا

Elisée هما الشفاة : وهما يحييان الموتى بنومهما عليهم (1 ، الملوك ، 17,17 - 22 - 2 الملوك 32,4 - 35) .

والأدوية المستعملة هي ذات صفة تجريبية وسحرية : فوق دمل زخيا Ezéchias نضع كوز تين ، وكبد السمك ، من جهة اخرى يشفي تكثف عدسة العين ، هكذا علم الملاك روفائيل Raphaël الشاب طوبية Tobuè . وكان الاسينيون Esseniens ، سنداً للمؤرخ جوزيف Joseph يعتبرون بصورة خاصة اصحاب موهبة في الشفاء : ويقول عنهم انهم كانوا يدرسون من أجل شفاء المرضى، جذور النبات لاستعمالها كعلاج كما كانوا يدرسون خصائص الأحجار . ومن أجل معالجة الجروح كانوا يلجأون الى الجراح الذي كان يضمد الجرح ويربطه ويلطفه بالزيت . وبموجب قانون عبري قديم : يتوجب على الضارب ان يدفع اجر الجراح عن العناية المبذولة للضحية (الخروج 21و 18 - 19) .

ولم يكن العلاج العقلاني موجوداً عند اليهود إلا في الحقبة الهلينستية ، فالطبابة الهيبوقريطية hippocratique ، المبنية على الملاحظة والتحليل العقلي اثرت يومئذٍ بعض الشيء في الطب اليهودي . إلا ان هذا الطب الجديد لم يحظَ بقبول كل اليهود . وإلى هذا قصد بدون شك ، رغم المغالطة التاريخية ، مؤلف العصر القديم الذي اخذ على الملك آسا Asa ، المصاب بمرض في رجليه ، انه لجأ لا إلى « يهوه » بل إلى الأطباء (2 سفر الوقائع ، 12,16) . ولكن في نفس الحقبة تقريباً تكلم الكاهن عن الطبيب بكلام ، مختلف فيه مدح ، ويوفق بين متطلبات التقوى ومتطلبات الحس السليم وأوصى المريض بطلب رضى الله بالاعتراف بذنوبه ثم الالتجاء إلى علم والى فن الطبيب (1,38 - 15) :

احترم الطبيب ، لأنك محتاج اليه ، ولأن الله خلقه هو ايضاً .
بالله يصبح الطبيب ماهراً ، ويتلقى هدايا من الملك .
إن علم الطبيب يرفعه حتى يقف امام العظماء .
والله هو الذي اخرج العلاجات من الأرض .
والانسان الذكي لا يحتقرها . يا بني اذا كنت مريضاً لا تغضب .
بل صلِّ لله لأنه هو الشافي . اقلع عن الشر وعن ظلم الآخرين .
وطهر قلبك من كل خطيئة قدم البخور والنصب التذكاري .
وقدم الاضاحي بقدر ما تستطيع . وايضاً افسح مكاناً للطبيب .
ولا تدعه يبتعد عنك لأنك ايضاً بحاجة اليه .

المراجع

I. Benzinger, *Hebräische Archäologie*, Tübingen, 1907, pp. 159-188. — A. Bertholet, *Histoire de la civilisation d'Israël*, Paris, Payot, 1929, pp. 316-339. — A.-G. Barrois, *Manuel d'archéologie biblique*, t. II, Paris, Picard, 1953, pp. 118-193. — W. Ebstein, *Die Medizin im Alten Testament*, Stuttgart, 1901. — J. Preuss, *Biblisch-talmudische Medizin*, Berlin, 1911. — A. Gemayel, *L'hygiène et la médecine à travers la Bible*, Paris, 1932 (esprit parfois peu critique). — R. Dussaud, « L'origine de l'alphabet et son évolution première d'après les découvertes de Byblos », *Syria*, 1946-1948, pp. 36-52.

الفصل الرابع
العلم الهندي القديم

يعتبر تاريخ العلوم في الهند من اطول التواريخ واغناها بالمستندات . ويبدأ النشاط العلمي الهندي ، تقريباً في منتصف الألف الثاني قبل العصر المسيحي وقد بقي حياً حتى ايامنا هذه . وهو بارز اولاً في نصوص غير علمية من حيث موضوعها الرئيسي ، إلا انها تشير مرات عديدة إلى علم متقن نظري وعملي بآن واحد ، حول موجودات الطبيعية ، وهذا العلم ايضاً معروف بأدب خاص ضخم ينمو باستمرار عبر العصور ، رغم الخسائر المتتالية والضخمة التي اصابته . وهذا الأدب مكتوب بصورة رئيسية ، باللغة السنسكريتية التي تشبه اللاتينية بالنسبة الى الهند . فهي لغة الثقافة ولغة العلاقات . وهي تستعمل ، ان لم يكن من قبل كل الناس في الهند ، إلا انها موجودة في كل مكان من الهند ، وفي كل الأوساط الكلامية وفي كل مراكز التأثير الثقافي الهندي في الخارج ، من افغانستان الحالية الى اليابان الى الهند الصينية والى اندونيسيا . وتثبيت السنسكريتية كلغة كلاسيكية نظامية في العصور حوالي بداية العصر المسيحي ، جعل منها الوسيلة الفضلى لحفظ ولنشر الثقافة العلمية الهندية فحفظت لها وحدتها . ولكن السنسكريتية لم تكن اللغة الوحيدة المستعملة . فهناك اللغات المحلية مثل التامول Tamoul في جنوب الهند ، لها هي ايضاً الطابع العلمي ، وان كانت اقل انتشاراً من السنسكريتية ، ومن جهة اخرى هناك لغات ثبتت كأدوات لثقافة خاصة ـ كلغة بالي Pâli بالنسبة الى المدرسة البوذية في سيلان والهند الصينية مثلاً ، أو ايضاً لغة « اردها ماغا دهي » ardhamâgadhi ، لغة المتعبدين « جايينا » Jaîna في الهند بالذات . هذه اللغات استعملت ايضاً كأدوات تعبير مهمة في العلم الهندي . فضلاً عن ذلك ان هذه اللغة الأخيرة هي لغة معظم الآداب العلمية في اعالي آسيا القديمة مثل التيبت ومنغوليا ، وكذلك غالبية بلدان شبه الجزيرة الهندية الصينية مثل برمانيا وتايلاند ولاووس وكمبوديا واندونيسيا .

إذا درس الأدب العلمي السنسكريتي لذاته أو مترجماً أو مستمراً بلغاتٍ اخرى يتبين انه لعب في آسيا الشرقية نفس الدور الذي لعبه في اوروبا وفي آسيا الغربية الأدب العلمي الأغريقي ، مترجماً أو مقلداً أو منقولاً الى اللاتينية أو السريانية أو العربية .

ولكن التراثين العلميين الهندي والهليني لم يسيطرا فقط ، متقاسمين ، على القسم الاكبر من اوروبا

وآسيا . بل قامت بينهما علاقات مهمة ومتكررة .

واخيراً في حين ان العلم الأغريقي كان في العصور القديمة قد وُجِدَ امام تراث علمي في الشرق الكلاسيكي ، اصطدم العلم الهندي ، اضافة الى قسم من هذا التراث الشرقي المذكور ، بالعلم التراثي الصيني ، الأقل انتشاراً منه ، إلا انه كان مسيطراً على الكتلة البشرية في آسيا الشرق الأقصى .

وتاريخ العلوم الهندية من جراء هذا الاتصال ، الذي جعله يمارس ويتلقى التأثيرات ينقسم الى حقب تتوافق في جزء منها مع حقب التاريخ العلمي الغربي وبصورة ادق يجب ان نميز ، بعد حقبة تاريخية سابقة ، علماً هندياً قديماً على اتصال بالعلوم البابلية والهلينية ، انطلاقاً من الحقبة الفارسية الأخمينية ، ثم حقبة تكوين العقائد الكلاسيكية الموسومة ايضاً بالمبادلات مع الامبراطورية الرومانية ، ثم بتوسع كبير نحو آسيا القارية من جهة ونحو آسيا الجزيرية والأرخبيل الأندونيسي من جهة اخرى . وقد اقفلت هذه الحقبة بدخول الثقافة الاسلامية على المسرح فقطعت زخم تقدم الحضارة الهندية دون ان تلغيها أو تحد تماماً من تأثيرها الخارجي .

السوابق التاريخية الأولى : هناك فئتان من المستندات تعطينا بعض الأفكار عن السوابق التاريخية الأولى في العلم الهندي بعض هذه السوابق عتيقة تعرفنا بالحضارة القديمة التي كانت سائدة في حوض الهندوس . والثانية لغوية تساعدنا على اعادة تكوين قسم من المفاهيم المشتركة ، باكتشاف تتطابق الأفكار والتعابير التقنية العلمية وذلك في حقبة سابقة على التاريخ سادت فيها وحدة اللغة والثقافة ، بين اجداد القبائل المسماة « آرية » ، والتي عند افتراقها شكلت الحضارات التاريخية القديمة في كل من الهند وايران .

والآثار الباقية المنبوشة من المدن الكبرى القديمة في حوض نهر الأندوس Indus ، والحاضرات الحديثة في « هارابه » harappe و « موهان ـ جو ـ دارو » Mohan - jo- Daro تبدو ضخمة وتشهد بوجود احدى الحضارات المادية الأكثر تقدماً في العصور الأقدم ، وذلك بفضل اعمال التمدين المدهشة ، وبفضل شبكات المجارير الغير عادية والمسابح قبل كل شيء . هذه البقايا تدل على حالة متقدمة من الصحة العامة ، ولكنها لا تخبر عن المعارف العلمية لدى الشعب . ان الاختام المدونة ، والتي عثر عليها قد استعصت على محاولات فك رموزها . واكثر ما في الأمر يمكن كشف الاستعمال الطبي المحتمل ، لدى هذا الشعب ، لبعض المستحضرات التي يشهد باستعمالها وجودها في الصيدلة الهندية الكلاسيكية : قرون الابل وعظم السبيدج Seiche والحُمّر bitume ، (الشيلاجاتو Çilâjatie بالسنسكريتية) .

في حوالي السنة 1500 قبل المسيح ، كانت حضارة الهندوس تغرق بالفتح الآري الفيدي ، القريب من الايرانيين . وشكلت اناشيدهم الدينية وتعابيرهم الطقوسية ، التي جمعت في ما بعد ضمن مجموعات كنسية ، ما سمي « بالفيدا » أو « المعرفة » . وهذه الأناشيد كتبت باللغة السنسكريتية القديمة القريبة من اللغات الايرانية القديمة . تذكر هذه الأناشيد تهديم تحصينات كانت عند سكان البلاد الأصليين ، في حين كشفت الحفريات الأثرية عن وجود مثلها بالضبط في هارابا

harappa . ومن جهة اخرى يكشف مجمل « الفيدا » ، بالتلميحات ، عن أفكار علمية وردت مرة في النصوص الايرانية القديمة ومرة اغفلت . وفي ما عدا المعارف التفصيلية ، المتعلقة بالأمراض وبالأدوية وبالنجوم فان اهم الأفكار المشتركة بين « الفيدا » وايران القديمة تتعلق « بالنظام العادي » للعالم . وهذا النظام مرسوم بشكل قانون طبيعي لعودة الأحداث الكواكبية والفصول ، بانتظام ، ومن خلالها عودة كل الأشياء . واسم هذا النظام بالسنسكريتية الفيدية « رتا » rta أي « القاعدة » أو « الناموس » و « الحق » . وفي الايرانية هو « آشا » Asha في النصوص المسماة افيستا Avesta وآرتا arta في اللغة الفارسية القديمة لغة ملوك الأخمينيين . وتقارب هذه الأسماء يفترض نشأتها القديمة الهندية الايرانية . وتقارب المفاهيم الدقيقة المتوافقة قد ينتج ايضاً عن تبادل لاحق لتقسيم الشعوب الهندية الايرانية القديمة الى ايرانيين من جهة وهنود فيديين من جهة اخرى . وبهذا الشأن بقي الايرانيون والهنود الفيديون تاريخياً على اتصال مستمر . « والرتا برازمانايا » Arta brezmaniya ، الموافقة للرتا براهمانية Rta brahmanique ، في الهند ، تبدو في تدوين اخميني في عز حقبة السيطرة الفارسية على حوض نهر « الاندوس » . وعلى كل حال تبدو الفكرةُ رئيسيةً ، فهي تشتمل على مفهوم قانون الطبيعة كما تشتمل بذات الوقت على مفهوم النظام الأخلاقي . وهي تمثل التصور الشامل للواقع المحدد والشامل . هذا التصور قريب من تصور الحتمية العلمية وهو يختلف عن هذه الحتمية من حيث انه يرمي خارج هذه الحتمية الأمر غير المنتظم ظاهرياً ، لأنه غير منتظم بالضبط . وهذه الفكرة تهدف نحو « الناموس » La Norme اكثر مما تهدف الى « القانون الفيزيائي » ، وتهدف الى النظام السليم أكثر مما تهدف الى النظام باطلاق .

العلم الفيدي والبراهماني : **المصادر** - ان الحقب الفيدية والبراهمانية ، غير المحددة في الزمن ، والضائعة ، بالتأكيد ضياعاً كبيراً ، تتوافق ، بصورة أولى لأن تشكل طبقات مختلفة من الآداب اكثر مما تشكل عهوداً متتالية . وهذه الحقب تتميز أولاها بصياغة الفيدا أو المعرفة الممتازة ، وهي مجموعة نصوص مقدسة وأساسية ، اما الثانيةفتتميز بوضع البراهمانا وهي تفسيرات مكملة طقوسية وتأملية في الفيدا . ولغة البراهمانا اقل تقعراً من لغة الفيدا . وهي تفترض وجود هذه المجموعة اي مجموعة الفيدا لأنها تذكرها وتفسرها . ولهذا يجب اعتبارها متأخرة عن الفيدا من حيث كتابتها . ولكن لا يوجد بين افكار البراهمانا وافكار الفيدا انقطاع عقائدي . ودون امكانية اسناد الأفكار التي تتضمنها البراهمانا الى العصور القديمة ، فان تفسيراتها تصلح على الأقل وفي مجملها لتوضيح الأفكار الواردة فعلاً في الفيدا . علماً بأن البراهمانا تسعى الى ابراز تراثية هذه الفيدا بشكل خالص . والأدب الفيدي الخالص يتضمن اربعة فيدا : « الرغ - فيدا » Rgveda وهي مجموعة اساسية من الأناشيد . و « الساما فيدا » Sâmaveda وتتضمن قسماً من ذات العناصر مرتبة بشكل اغاني طقوسية وضمن ترتيب مختلف ، و « الياجور فيدا » Yajurveda وهي مجموعة من التعابير التضحياتية . واخيراً « الآتارفا فيدا » Atharvaveda مجموعة مختارة من الأناشيد الأحدث ، في معظمها من اناشيد « الرغ فيدا » ، وتستعمل بشكل خاص لغايات سحرية ولنفع خاص وعرضي ، وفي اغلب الأحيان تتضمن نوعاً من السحر الأسود . في حين ان اناشيد « الرغ - فيدا » تستعمل بشكل خاص في الطقوس

الاعتيادية وفي الطقوسية المنظمة .

ويبدو ان مرحلة وضع النصوص الفيدية الأساسية قد تم في معظمه بين 1500 و 1000 ق.م . اما حقبة تحرير العديد من البراهمانة ، فقد تبعت ذلك إلى بدايات حقبة البوذية ، اي القرن الخامس ق.م. والبوذية تمثل ، بهذا الصدد استكمال الديانة البراهماينة بصورة خالصة . ولا يعني ذلك ان تحرير كل نصوصها قد انتهى يومئذٍ ، إذ لأنها كانت مزدهرة فيتوجب بالتالي ان تكون منتجة ، ولحقبة من الزمن . وهذه الحقبة كانت بالتأكيد حقبة النصوص الحقيقية التي ظهرت بصورة تدريجية بعد بدايات الحقبة البوذية ، انما بشكل مستقل عنها اي عن هذه الحقبة . فقد انتجت هذه الحقبة بشكل خاص كتباً نحوية تدخل في علم الملاحظة بفعل التحليل الدقيق وحسن التبويب لأصوات اللغة ، بحسب مستويات لفظها في الأجهزة الصوتية مثل الزلعوم وسقف الحلق والجيوب الاسنانية والاسنان والشفتين . وانتجت هذه الحقبة ايضاً مجموعة صغيرة من النصوص المتعلقة بعلم الفلك سميت « جيوتيشا فيدانغا » Jyotishavedânga . وهي « عناصر فلكية في المعرفة » . وتتضمن مبادىء الروزنامة وتمثيلاً فيدياً لنظام العالم . ويُعزى هذا النص عموماً الى الحقبة الواقعة بين القرن الثالث ق.م. والقرن الثاني أو الثالث بعده . ولكن في وسط القرن الثالث ق.م. ، وفي ايام الملك « ازوكا » الذي كرس اعماله للدهارما Dharma (أو الدهاما) dhamma كانت (رتا) rtaالقديمة ، (وهي نظام كوني واخلاقي بآن معاً) أي المدة النجومية للسنة كما ذكرتها الجيوتيشافيدانغا Jyotishavedânga قد سبق واستعملت .

اما المعطيات الطبية والفيزيولوجية للأدب الفيدي فقد وجدت في « رغ فيدا » واكثر ايضاً في آثارفا فيدا . وظهر الكثير منها ، موضحاً وموسعاً في البراهمانا ، وفي كتب شكلت ملحقات للبراهمانا أو انفصلت لتشكل ادباً على حدة هو الآرانياكا Aranyaka واوبانيشاد Upanishad . وكانت آرانياكا كتب جماعة الغاب ، اي الحكماء الذين رفضوا الحياة الاجتماعية لكي ينصرفوا الى التأمل في الغابات . اما اوبانيشاد فتعطي مفتاح الأنظمة التي تربط بين الأشياء في العالم بعضها الى بعض . وبحسب معنى اسمها ، الجلوس جانباً تهدف الاوبانيشاد بصورة رئيسية الى اجراء مقاربات ، والاعلان ، فيما بين الوقائع المرصودة والملحوظة ، عن علاقات التماثل ، وعن الطبيعة وعن التبعية او عن العدد ، اي عن كل الأشياء التي تبدو انها تعطي مفاتيح تنظيم العالم ومسار التحولات وانها تنمّ عن جهد في البحث عن القوانين البسيطة للعلاقات الطبيعية الكامنة وراء تعددية وتنوعية الأحداث . وهي تعتبر دائماً ، كعضوية واساسية ، الروابط والمطابقات التي ليست إلا سطحية أو كاذبة . وهي رغم ذلك تظهر اهتماماً قوياً بفهم العالم بدلاً من ان تتلقى بصورة سلبية قوانينه الخفية أو ان تكتفي بالتحكم ، بصورة تجريبية عفوية ، ببعض الأوليات المدركة . وتدل الاوبانيشاد على روح علمية تبغي بقوة تحويل المحسوس الى مدرك ، واخضاع الطبيعة للعقل . وهناك نصوص اخرى في الأدب الفيدي هي السوتر Sûtre التي تعطي القواعد التقنية للطقوس الفيدية وللسلوك البرهماني . وهناك معالجات خاصة تحدد اساليب القاء النصوص الفيدية . وهذه وتلك تتضمن تعليمات مفيدة لمعرفة علوم الهند القديمة . وتدل المعالجات المتعلقة بالالقاء على تحليل علمي لصوتيات اللغة .

I ـ علم الفلك

1 ـ علم الفلك الفيدي :

ورد في « الرغ فيدا » ذكر لعدة كواكب ولمدة السنة التي قدرت بـ 360 يوماً موزعةً على اثني عشر شهراً . وقد ورد تلميح عن شهر اضافي ، شهر ثالث عشر من ثلاثين يوماً (8,25,1) . وقد جرى البحث ، على كل حال ، في موضوع هذا الشهر في « الآثار فا ـ فيدا » Atharvaveda (8,3,12) مما يقتضي الاهتمام باستكمال الفرق بين السنة المدنية والسنة الشمسية باضافة شهر مدني اضافي ، وذلك عندما يوشك هذا الفرق أن يخل بتحديد التواريخ وبالفصول . واعطى احصاءان « للياجور ـ فيدا » Yajurveda ، لائحة بسبع وعشرين مجموعة نجومية . واعطى احصاء ثالث اضافة الى « الآتارفا فيدا » ثمانٍ وعشرين مجموعة سميت « نكشاترا » nakshatra ، بقيت نقط ارتكاز احتفظ بها علم الفلك الهندي دائماً ، من اجل مسار الكواكب السيارة في السماء .

وقد اعتبرت هذه ، ولمدة طويلة ، كبيوت قمرية ، بيوت يحتلها تباعاً القمر في دورانه الشهري ، ومدتها بالأيام ـ بين 27 و 28 يوماً شمسياً ـ أو حقبتها تتوافق فعلاً مع عددها ، مرة 27 ومرة 28 . واعتبرت ، من جراء هذا كأقسام في مجموعة البروج القمرية الهندية ، في مقابل مجموعة البروج الشمسية الواردة في العصور القديمة الكلاسيكية(1) . وفي الواقع ان دورها هو السماح بتتبع مواقع الشمس ومواقع القمر والنجوم ، في السماء . اما روزنامات الحقب الفيدية والبراهمانية فليست قمرية فقط ولا شمسية فقط بل هي قمرية شمسية . والفلكيون الهنود اعتبروا دائماً ككل واحد الأحداث الفلكية المتنوعة التي بدت لهم .

إن القمر قابل للمراقبة المباشرة بين الكواكب ، إلا عند التحامه مع الشمس عندما يكون جديداً . والشمس يمكن تحديد مكانها بالنسبة الى النجوم قبيل شروقها بقليل وبعيد غروبها ، عندما يُمَكِنُ الغسقُ من ظهور النجوم المجاورة عبر اشعتها الذابلة . وهكذا يمكن ـ على التوالي وخلال السنة ـ تتبع ظهور نجوم البروج في اشعة الشمس المشرقة والشمس الغاربة . ومراقبة هذه النجوم في شروقها وفي غروبها الشمسيين هي التي تحدد معالم الأشهر والفصول ومواقع الشمس المقابلة في مدارها . ولكن علم الفلك الفيدي والبراهماني لا يستعمل هذا الاسلوب الذي هو اسلوب علم الفلك البروجي الغربي ، والذي يعتبر قليل الدقة خاصة عندما يكون الأفق غائماً في اغلب الأحيان ، خاصة في الكثير من اقاليم الهند . وإذاً فعلم الفلك الهندي يستعمل اسلوباً ثانياً في التتبع ، غير مباشر ولكنه ادق . في القمر التمام ، وعندما يكون هناك تعاكس بين الشمس والقمر ، تحدد مواقع الشمس بصورة اوتوماتيكية بمواقع القمر ، التي يسهل تحديدها رغم بريق القمر القوي في تلك اللحظة . في ارباع الشهر وفي مراحل المحاق يمكن استنتاج مواقع الشمس عموماً ، وان بصعوبة من مواقع القمر المرصودة . وموقع الشمس ، بشكل خاص ، يكون مقابل النجم المار في خط الهاجرة عند منتصف

---

(1) يوجد توافق كامل تقريباً بين « ناكشاترا » الهندية و « السيو » الصينية . (راجع ص (188 و 189).

الليل ، وهذا الموقع قابل للتحديد عند الشروق بالنسبة الى الشرق الحقيقي بواسطة النجم الذي يمر عندئذٍ بخط الهاجرة . ونظام «الناكشاترا» يتيح اخيراً تمثيلاً مرضياً لحركات القمر والشمس وذلك بربط القمر ، طيلة كل يوم مدني ـ عملياً كل ليلة ـ بـ« ناكشاترا » من الدورة المكونة من 27 أو 28 ، ثم مقارنة مواقع الشمس بمواقع القمر وبهذه الناكشاترا .

والاهتمام بتتبع الحركات الشمسية والقمرية بصورة متتالية ، بَيَّنَ لدى علماء الفلك الهنود في الحقبة البراهمانية ، من خلال وجود شهر اضافي فيدي مدته ثلاثون يوماً ، ثم ، وبحسب « شاتابا تابراهمانا » اضافة شهر اضافي من 25 أو 26 يوماً . هذه الأشهر الاضافية ، كانت تضاف كل 5 سنوات وهي حقبة تسمى يووغا Yuga . وبعدها كانت الشمس والقمر يعتبران وكأنهما قد اكمل كل منهما عدداً كاملاً من الدورات الكاملة . وكانت السنوات الخمس العادية تعد 1800 يوماً وهي مدة قصيرة جداً . من هنا اضافة شهر اضافي مدته ثلاثون يوماً بحيث تصبح مدة اليوغا Yuga 1830 . وهذه المدة المتممة هي بدورها قوية جداً . والمدة الأقرب هي 1826 يوماً وربع اليوم . ولكن الشهر الاضافي في شاتابا تابراهمانا يؤدي الى تقدير اقل دقة ـ 1825 أو 1826 يوماً ـ من مدة دورة الخمس سنوات . وإذاً فهو ينطلق من تصحيح يتطلب تقديراً شبه قريب من مدة السنة الحقيقية . ولكن مدة اليووغا لا مدة السنة الشمسية هي بدون شك التي صححت ، بالملاحظة ، وخلال حقب طويلة نسبياً ، لحركات القمر والشمس ، وبصورة متتابعة .

إن قسمة مدة الحقب الفلكية لها اهمية كبيرة في الأوساط البراهمانية العاملة « بالفيدا » . هذه الحقب تمثل الاقسام المتتالية في الحياة الكونية ، المعتبرة دورية وبحالة دوران ابدية . ان تقسيمات الوقت كانت بالطبع العناصر المكونة لحجم هذه الدورات ، ومع هذا الحجم الزمني يجب ان يتطابق امتداد في القدرة الخلاقة والمحركة للكون ، وهي « الكلمة » أو « الفعل » ، الذي يتفوه به الكائن المبدع للعالم ، « براهمان براجاباتي » ، والذي تلتقطه « المعرفة » الأسمى « الفيدا » .

ثم إن المبدع يتماهى مع السنة المتخذة كوحدة قياس لنشاطه الدوري ، والفيدا ، مجموعة اشعار ، تقسم الى عدد من العناصر القياسية تساوي ما يوجد من لحظات في السنة . اما « الشاتاباتا براهمانا » فتوضح ان الخالق المتجلي بشكل سنة يتضمن 10800 لحظة (موهورتا) muhîarta وان « الرغ فيدا » تتضمن 10800 وحدة مترية تسمى بنكتي pankti ، وكل واحدة منها فيها أربعون مقطعاً مما يعطي مجموعاً قدره 432,000 مقطعاً . وال ـ10800 لحظة في السنة تنتج عن قسمتها الى اثني عشر شهراً وعن قسمة الشهر الى ثلاثين نيكتيمير nycthémères ، والنيكتيمير الى 15 لحظة من النهار و 15 لحظة من الليل . والوحدة اللحظة هي الجزء الثلاثون من اليوم المدني .

والقسمة الى 15 و 30 ، نقلت فيما بعد الى تحليل الشهر القمري الى 27 أو 28 يوماً مدنياً ، لأن هذا الشهر القمري كان قد قسم الى قسمين « باكشا » paksha ، كل واحد منهما الى 15 يوماً قمرياً (تيثي) tithi . والثلاثون تيثي الحاصلة على هذا الشكل لا تتوافق مع الأيام المدنية لأنها اقصر منها ، ولا تتوافق مع الدروب المقطوعة في « ناكشاترا » nakshatra التي يتوافق عددها مع عدد الأيام المدنية

التي مضت بخلال الشهر القمري . وقسمة نصف الشهر القمري الى 15 نهاراً قمرياً ، وقسمة مدته الكاملة الى ثلاثين ، وجدت هكذا ، دون ارتباط بنقاط الارتكاز الطبيعية المتوافقة فيما بين الزمن المار والفضاء المقطوع ، هذه القسمة ربما كانت ثانوية . فقد كان هدفها ظاهرياً ، اقامة تناظر في تقطيع ازمنة دوران القمر والشمس ، ولكنها اي هذه القسمة تفيد في قسمة طواف او مسار القمر الى فترات محددةٍ بعدد بسيط . ان اليوم القمري ، وهو جزء من اصل ثلاثين جزءاً من الشهر ، يعادل مساراً وسطياً هو °12 من اصل دائرة من 360 درجة ، ثم لما كانت سرعة الحركة الظاهرة للقمر غير منسجمة وموحدة فإن اليوم القمري متغير المدة . إن هذا التقسيم هو تقسيم فضائي أساساً وليس زمني النشأة .

إن الأعداد 10800 و 432,000 سوف توجد ـ فيما بعد ـ في علم الفلك الهندي ، وحتى في الفلكيات الأجنبية البعيدة تماماً عن اي تأثير هندي مكثف ـ كعناصر ـ اساسية في تقدير قيمة الدورات الكوسمية Cosmique . وسنداً لسونسورين Censorin كانت السنة الكبرى عند « هيراقليط » تساوي 10800 سنة . ومن جهة اخرى يشير العالم الفلكي البابلي « بيروز » الى حقبة كوسمية من 432,000 سنة . والحقب التي ظهرت فيها هذه التقديرات خارج الهند ، هي لاحقة لـ « شاتاباتا براهمانا » ، ورغم ان علم الفلك الاغريقي والبابلي لم يتأثر بعلم الفلك الهندي تأثيراً عميقاً فإن هذه الأعداد المقدمة يمكن ان تكون صدىً لتفسيرات هندية .

وبالفعل ان هيراقليط Héraclite قد كتب بخلال الحقبة التي كانت فيها السيطرة الفارسية ممتدة بعض بلاد الاغريق قسماً من الهند مما يثير اتصالات عبر الامبراطورية الموحدة . وينتمي « بيروز » الى نهاية هذه الحقبة التي انتهت بتدمير الامبراطورية الفارسية على يد الاسكندر المقدوني ، والى الحقبة السلوقية اللاحقة مباشرة .

جيوتيشا فيدانغا Jyotishavedânga : ان اهم المجموعات القصيرة التي تتضمن مبادىء الروزنامة والتي تشكل العنصر الفلكي في المعرفة هي المجموعة التي تتعلق بالمعرفة الأولى اي « رغ فيدا » . وهذه المجموعة مخصصة بصورة اساسية لاعطاء المبادىء التي تحدد الاحتفالات البراهمانية التي يجب ان تتم في اللحظات المعينة من مسار العالم هذا المسار الذي يجب ان تتوافق الاحتفالات معه كما يجب عليها ان تؤمن له انتظاميته .

والتعليمات الواردة في مجموعة « جيوتيشا فيدانغا » هي مع الأسف موجزة ، ونظراً لأنها مكثفة جداً فهي غامضة جزئياً . وهذه التعليمات لا تُعْلِمنا ، دائماً وبصورة مباشرة ، عن افكار الفلكيين الهنود . بل انها تضطرنا الى تخمين المعطيات التي لا تصوغها هي بشكل صريح ، بل التي هي مبثوثة ضمن الصياغات التي تقدمها . ان السنة تقسم الى ثلاثة فصول وكل فصل الى اربعة أشهر . ومدة السنة هي 366 يوماً . ودورة الخمس سنوات تساوي 1830 يوماً (= 60 شهراً كل منها 30 يوماً مدنياً + شهر اضافي) . إن السبع والعشرين « ناكشاترا » تدل على سبع وعشرين قسماً مثالياً لمنطقة فلك البروج ، وهي متساوية فيما بينها وبالتالي تساوي كل واحدة منها °13درجة و 20 ثانية .

ظاهرياً تعتبر التقديرات العددية في « الجيوتيشا فيدانغا » هي التي استخدمت كأساس في القرن الثالث قبل المسيح ، من قبل الامبراطور آسوكا Asoka من اجل حساب المدة الصحيحة لفترة اراد ان يخصصها للتعبد البوذي . هذه الواقعة تدل انه في تلك الحقبة ، كان علم الفلك الفيدي شائع الاستعمال . ثم ان المعطيات الاساسية في« الجيوتيشا فيدانغا » ، هي التي وجدت في الكتب الخاصة بتراث الديانة الجاينيية djaina ، التي ولدت بنفس تاريخ البوذية في القرن السادس قبل المسيح ، وهي كتب تساعد ، عن طريق المقارنة على فهم بعض المقاطع الغامضة الواردة في « جيوتيشا فيدانغا » .

صورايا وكندا باناتي Süriya et la Canda pannatti : تسمى الكتب الجايينية المعنية هنا ، « صورايا باناتي » « فهم الشمس » و « كاندا باناتي »Canda pannatti « فهم القمر » . وتضيف هذه الكتب الى المعطيات التي تتوافق مع « جيوتيشافيدانغا » ، علماً فلكياً كونياً غريباً عنها ، والكثير من سماته موجود ايضاً في التراث الهندوسي المتعلق بتصور الكون ، هذا التراث الذي تحدد بصورة لاحقة . وترى هذه الكتب ان مركز الكون قائم على جبل هو جبل « مرو » Meru ، ومحوره محور القطبين ، وحوله اي حول الجبل ، توجد سبعة مناطق موحدة المركز . واكثر هذه المناطق مركزية تتضمن اربعة اقسام .

وأحد هذه الأقسام هي « بهارا تافارشا » Bharatavarsha أو قارة بهاراتا Bharta : اي الهند . ولكن هذه الكتب الجايينية لها بذاتها خصوصية افتراض وجود لعبة مزدوجة من الكواكب : شمسان وقمران ونظامان من الكواكب . والكوسموغرافيا الهندوسية ، كما تبدو من خلال كتب المعرفة المسماة « بورانا » pûrana أو القديمة ، وهي المجمعة في الحقبة الكلاسيكية ، بعد بدايات العصر المسيحي وحتى الحقبة الوسيطية ، هذه الكوسموغرافيا [علم وصف الكون] تبقى اقرب الى التصورات التي ظهرت في الأدب الفلكي العام .

بدايات الاسترولوجيا أو علم النجوم : لم يظهر علم النجوم الا قليلاً في التأملات الفلكية في الحقبة الفيدية ، ولا في حقبة النصوص القديمة ، نصوص البوذية والجايينية قبل العصر المسيحي . وتوجد دلائل على استخدام الظاهرات الكوكبية للتنبؤ . ولكن لم يظهر ان الهنود قد اهتموا باكراً بمعرفة مستقبل الافراد من احوال السماء يوم ولادتهم .

وفي القرون الأخيرة قبل العصر المسيحي ، تدل بعض الأسماء العلم على اهتمامهم بوضع بعض الأشخاص تحت حماية بعض النجوم . فاسماء مثل بوشي ياميترآ Pushyemitra وبراهسبآتيميتر Brhaspatimitra وبودها ميترا Budhamitra الخ تعني : « من صديقه المُزْهِرُ (المزهر نجم في فلك السرطان) والمشتري (جوبيتر) وعطارد (مركور) » الخ . وبتأثير من اليونان بصورة خاصة ، ظهرت في الهند ، في العصر الكلاسيكي ، الاسترولوجيا أو علم النجوم الذي سريعاً ما اصبح شعبياً [التنجيم] .

2 ـ علم الفلك الكلاسيكي القديم

بعد الحقبة الفيدية والبراهمانية اتخذ الأدب الفلكي الهندي اهمية متزايدة . فهو لم يظهر بوضوح الا في العصور التي تلت العصر المسيحي ، اي بعد حقبة طويلة من الاتصالات التاريخية مع بابل والأغريق تحت حكم الفرس الأخمينيين ثم ايام الاغريق الذين استقروا في الهند . وقد تكرس هذا الأدب في كتب عديدة تضمنت تعاليم جديدة دون رفض التعاليم القديمة .

وفي حقبة سيطرة الفرس على حوض « الاندوس » ، بعد ان استولى عليها داريوس Darius الأول حوالي سنة 519/م حتى هزيمة داريوس كودومان Darius Codoman على يد الاسكندر ، خضع هذا القسم من الهند (في الواقع الهند بالذات ، وباللغة الهندية القديمة الهندو Hindu والتي تعني في السنسكريتية السندهو Sindhu ، أي نهر الاندوس) لتأثير بابلي . وبهذا الشأن كان الموظفون في الادارة الفارسية على العموم بابليين وكانوا يستعملون اللغة والكتابة الأبجدية الآرامية . وكانوا على ما يبدو ، على علاقة مع العلماء الهنود لأن كتابتهم قد اعتمدت المبادىء الصوتية العلمية التي اعتمدها النحويون الهنود لكي يحققوا وسيلة تدوين للغات الهندية ـ الكتابة الآرامية المحفوظة فيما بعد باسم خاروستي Kharosthî ـ وهي وسيلة تفوق الألفباء الآرامية غير الواضحة فيما يتعلق بتدوين حروف المد . ومن خلال الامبراطورية الفارسية ، كان الهنود على اتصال مع البلدان الاغريقية التي كانت خاضعة لهذه الامبراطورية . وقد وثقت حملة الاسكندر ، انما لفترة قصيرة جداً ، الاتصال مع الاغريق وقد اعاد هؤلاء في القرن الثاني قبل المسيح العلاقات ، بتكوين الممالك الهندية اليونانية في حوض الهندوس وبالعلاقات التجارية البحرية والأرضية مع الغرب خاصة في ايام الامبراطورية الرومانية . وبعد حقبة طويلة من هذه العلاقات والاتصالات ظهر علم الفلك الهندي ، المسمى « سيد هانتا » Siddhânta مشبعاً بالمعاني وبعلم النجوم الاغريقيين .

الحلول الخمسة (سيدهانتا) Siddhânta : وجدت سيدهانتا أو « الحلول » وعددها خمسة . واحد منها فقط وصل الينا وهو سوريا سيدهانتا Sûryasiddhânta أو (الحل الذي قدمته الشمس) . أما بقية الحلول فقد عرفت بفضل الفحص الانتقادي الذي جرى لها في مطلع القرن السادس بواسطة الفلكي « فاراهامي هيرا » Varâhamihira في كتاب عنوانه بانكاسيدهانتيكا Pancasiddhântika أو حول الحلول الخمسة .

هذه الحلول سميت نسبة الى المؤلفين الذين وضعوها . وهي تتضمن ، عدا عن النص الذي يُعزى ايحاؤه الى الشمس بالذات ، الحلول : « بيتاماها » paîtamaha ، و « فاسي شيطها » Vasishtha ، و « بوليسا » PauliÇa ، ثم « روماكاسيدهانتا » Romakasiddhânta .

والبيتاماها Paîtamaha او نصّ الجد ، يُعزى الى الإله براهمان الذي يسمى غالباً الجد والذي يعزى اليه غالباً أول تعليم علمي ، شفقة على البشرية ، وبشكل مبسط يجعل هذه النصوص في متناول قدراتها المحدودة . والتعاليم الموجودة في هذا النص قريبة من المعلومات الموجودة في الجيوتيشا فيدانكا .

ومن المعقول جداً انـه متأخـر قليلاً عن العصـر المسمى ساكـا Çaka والذي يبـدأ في السنة 78 بعـد المسيح .

ويعتبر فاسيشطها Vâsishtha غير صحيح تماماً ، من قبل فاراهـامي هيرا Varâhamihira ، الذي لا يصف هذا النص بصورة مفصلة . والعالم البيروني الذي ألف باللغة العربية في القرن الحادي عشر كتاباً موسعاً حول الهند يعطي ملاحظات مفيدة حول الفاسيشطهـا . ويبدو انـه قد اكمـل تقنية تعيين مواقـع النجوم المتحـركة بـالنسبة الى نقـاط ارتكاز ثـابتة ، وذلـك بتمسكه بـالتقديـر الدقيق ، بـالدرجـات والدقـائق ، لزوايـا المسافـات بين هـذه الكواكب وهـذه النقط الارتكازيـة .وفضلاً عن ذلـك ادخل استعمال اشارات البروج « راسي » râçi بدلاً من « ناكشاترا » . الأمر الذي رسم ظهور نظام بروجي بابلي ويوناني اضافة الى نظام ناكشاترا . واستعمال الاشـارات الاثني·عشر التي تتقـاسم محيط الدائرة الى ثلاثين درجة ، هذا الاستعمال ، حتى بالنسبة الى ـ الملاحظات الأكثر ـ إيجازاً ، للمواقع ، يتطلب تقديراً للمسافات الزاووية اكثر دقة من تقديرها بحسب التقسيم القديم الأكثر ضيقاً اى الذي يجعلها بسبعة وعشرين قسماً وكل قسم يساوي ′20 ,°13 .

وتبـدو البـوليسـا Pauliça وكـأنها كـانت كتـابـاً يعـرض المعلومـات التي اعـطاهـا « بـولس الاسكندراني » ، إذ نلاحظ ، بفضل اشارات اوردها كتاب من مختلف العصور بأن هذا النص قد تغير عبر العصور . والـروماكـا Romaka أو الرومـان ، قد حررت من قبـل مؤلف هندي هـو شريسينـا çrîsena ، ولكن سنداً لمعلومات آتية من الامبراطورية الرومانية ، وبصورة خـاصة من الاسكنـدرية التي سميت في النصوص الفلكية السنسكريتية يافانا بورا yavanapura أو « مدينة الايـونيين » ، اي اليونانيين ، الذين بقي لهم اسم ايونيين Ioniens في العصر الفارسي (وكان الفرس يسمون اليونـان يونا Yauna ومن هذا الاسم اشتق الاسم السنسكريتي يافانا yavana) . وادخل الحل الروماني دورة قمرية شمسية مدتها 2850 سنة هي حاصل ضرب 150 بـ« التسعة عشرية » ، وهي دورة من 19 سنة قـال بها ميتـون Méton . وهذا الحـل الرومـاني يعطي لمـدة السنة قيمـة ادق من القيمـة الـواردة في « جيـوتيشـا فيـدنغـا » Jyotishavedânga ، والتي هي ايضـاً القيمـة التي قـال بهـا « هيبارك » و « بطليموس » . وهذا الحل يضع جداول معادلات حول مركز الشمس تتوافق مع الشـذوذات التي تتكرر من °15 الى °15 ، شبيهة بالشذوذات التي قال بها بطليموس . وهذا الحل يعطي لخط الهاجرة الذي ذكر في «يافانابورا» yavanapura قاعدة من اجل حساب عدد الأيام الماضية بين بداية دورةٍ ما وتاريخ معين ، وهذا نوعٌ من الحساب اصبح اعتيادياً جداً في علم الفلك الهندي تحت اسم آهارغانا ahargana (أو مجموعة ايام) . وتعتبر روماكا Romaka بالضرورة لاحقة لعصر بطليموس (القرن الثاني) ، وربما متأخرة عليه كثيراً ، لأن تاريخاً يتوافق مع السنة 505 بعد المسيح ، يبدو كنقطة انطلاق لأحدى الدورات التي تحددها . وإذاً فالرومـاكا هي « عمـل » حديث جداً في الـوقت الذي قـام فيه « فـاراهاميهيـرا » بوصفهـا . ولكن الـدلالـة على نقـطة الانـطلاق هـذه ليست بـالضـرورة في نص « الروماكا » . إذ يجب وضع هذا النص بين القرن الثاني والقرن السادس . وهـو [اي النص] ، لا يكتفي فقط بعـرض الطروحـات الاغريقيـة بل يغيـرها بحسب مقتضيـات الحال تبعـاً لوجهـة النظر

الهندية ، ذلك ان بعض الحسابات تبدو اكثر توافقاً مع علم الفلك الهندي المعتاد اكثر من اتفاقها مع « بطليموس » .

حل الشمس أو « سورياسيدهنتا » : يبدو حل الشمس ، بحسب « فاراهاميهيرا » افضل حل من الحلول الخمسة . وبالواقع ان حل الشمس هو الذي بقي اما الحلول الأخرى فقد سقطت . نصه الحالي يرتكز على صيغة اولى ربما كانت من القرن الرابع ، سنداً للتاريخ الحقيقي للمواقع النجومية المذكورة . ولكن هذا النص كان قد عدل فيما بعد ، كما يبدو ذلك من بعض الاشارات التي يتضمنها ايضاً ، والتي تتوافق مع تاريخ احدث من القرن الخامس او السادس . كما ان بعض هذه المؤشرات ربما تكون قد اضيفت فيما بعد . والبيروني al-Biruni يعزو هذا النص الى رجل اسمه لاتا Lâta ، ويبدو هذ النص وكأنه يتضمن التعليم الذي اعطته الشمس بتجسدها الجزئي الى « آسورامايا » . و« الآسورا » هي عمالقة معادية للآلهة ولكنها مثقفة واحياناً تطلب المعلومات من بعض الآلهة . واسم هذه العمالقة قد يطلق ايضاً على الايرانيين الذين يعبدون آهورا Ahura (وهو اسم يعادل باللغة الايرانية ، كلمة آسورا السنسكريتية) . وفي شعر ربما كان مدسوساً ، وهو غير موجود في كل المخطوطات ، ورد ان الشمس طلبت من « مايا » كي تذهب الى « روماكا » لكي تتلقى هناك تعليماً نجومياً . وهذا يدل كم كانت شهرة المدرسة الرومانية في الاسكندرية ، كبيرة في بعض الأوساط الهندية على الأقل . وقد ساد الظن ان آشورا مايا Asura Maya لم تكن إلا تحويراً لاسم بطليموس بالسنسكريتية ، (وتورا مايا Turamaya ظهر في الهند في القرن الثالث ق م كشكل من اشكال اسماء البطالسة ملوك مصر) . والواقع ، ان تبعية « سوريا سيد هانتا » لمدرسة الاسكندرية غير كاملة وغير مباشرة . وعلم الفلك الهندي ، بنظامه القائم على « الناكشاترا » يبقى سائداً فيه ، اما المفاهيم الاسكندرية فتبدو مشوهة ذابلة . « فروماكا » هي في الواقع مدينة خيالية ذكر انها واقعة فوق خط الاستواء وعلى 90 درجة من خط الهاجرة الهندي ، الذي يعتبر ماراً في اوجاييني Ujjayini ، مركز وسط غرب الهند ، ثم « لانكا » أو « سيلان » . ويبدو عزو تعليم علم الفلك الى الشمس مشجعاً بشيوع عبادة الشمس خلال حقبة كتابة النصوص الأولى ، في ظل ملكية ملوك غوبتا Gupta ملوك الشموس ، بحسب التسميات التشريفية التي كانوا يحملونها .

وكما كان من المألوف ، في الكتب التعليمية الهندية التي هي مختصرات تذكيرية بتعليم شفوي ، فالنص يكتف بجمل عددها 500 توزع على 14 فصلاً . والفصل الأول يعالج قياس الزمن . والثاني يعرض جدولاً بالزوايا . واقدم هذه الجداول عرف في وقت كان « هيبارك » و« بطليموس » قد وضعا جداول بالاوتار . وهذه الجداول اتخذت كنماذج لمحرر « سوريا سيد هانتا » . ولكن احلال نصف أوتار الأقواس المزدوجة التي هي الجيوب محل الأوتار كان في اساس تقدم ضخم حصل في علم المثلثات . وقد سمي الجيب ، باسم « نصف وتر » « جياردها » أو « اردهاجيا » ardhajyeî ، وذلك في « سوريا سيد هانتا » التي تعتبر « جيب التمام » « كوتيجيا » Kotijyâ والجيب المعاكس (« اوتكراماجيا » Utkramajyâ) .

ويعالج الفصل الثالث خطوط الهاجرة ، والجهات الرئيسية وتساوي الليل والنهار والمنقلبات الشمسية والكسوفات القمرية والشمسية ، أما السادس فيعالج الاسقاط الرسمي للكسوفات والفصل السابع يبحث في حركات الكواكب . والثامن في مواقع « الناكشاترا » بالنسبة الى فلك البروج ؛ والتاسع يبحث في شروقات الشمس وغروباتها والكواكب ، وربما تحت تأثير من علم الفلك اليوناني . والفصل العاشر يبحث في حركات القمر والشمس . والحادي عشر يبحث في معلومات تتعلق بعلم النجوم ، وبصورة خاصة في الحالات المعتبرة حالات نَحْسٍ ، وذلك حين تكون الشمس والقمر على نفس مستوى الانحناء . والفصل الثاني عشر يصف نظام الكون . والثالث عشر يعطي علامات مختصرة حول ادوات فلكية بدائية . والرابع عشر يبحث في مختلف الحسابات . اما التكثيف في النص فكبير ، كما هو متوجب في كل كتاب تعليمي من تلك الحقبة . وللتعبير شعراً عن جداول عددية يستعمل ترقيم للعناصر العذدية بكلمات رمزية . وهذا الترقيم ، - كل رقم يمكن ان يمثل بسلسلة من الكلمات ذات طول وذات قياس متري مختلف - يتيح تدوين الأعداد العالية ، بشعر خاضع لقواعد نظمية دقيقة ؛ وهذه الأرقام العالية لا يمكن ان تظهر في صيغتها العادية . اما الانشاء فغامض ورمزي . ويفترض التأويل ، الموضح بالشروحات ، تمكناً من المادة ومن الكلمات التقنية ؛ والكتاب ليس مخصصاً للطلاب بل هو خلاصة تذكيرية للعلماء والتقنيين في الحسابات .

نظام العالم والسورياسيدهانتا : حول جبل الكون « مرو » ، - وهو محور قطبي للعالم - تدور الكواكب ، وفي قمة « مرو » تسكن الآلهة التي تتحكم بنصف الكرة الشمالي . وفي المقابل اي في نصف الكرة الجنوبي يقطن الأعداء اي « آسورا » . والأرض هي كرة (بهوغولا bhûzola) وفوقها توجد اربع قارات مراكزها الجيوديزية [علم يبحث في شكل الأرض وتغيراتها] اربعة مدن واقعة على مسافات متساوية بعضها من بعض فوق خط الاستواء . وقارة الهند هي « بهارا تافارشا » Bharatavarsha مع لانكا Lankâ كمدينة (وهذا الاسم يتوافق مع اسم سيلان ، ولكن المدينة خيالية وتتمركز فوق خط الاستواء الذي لا تصله سيلان) . واثناء المشي نحو الغرب نصل الى كيتيمالا فارشا Ketumâlavarsha مع مدينة « روماكا » ، ثم كورو فارشا Kuruvarsha مع مدينة سيد هابورا siddhapura ، واخيراً « بهادرا سقا فارشا » Bhadrâçvarsha مع مدينة « ياما كوتي » Yamakoti . ويذكر انه في وقت الظهر في احدى هذه المدن يكون منتصف الليل في المدينة المقابلة . والقارات الأربع يقال انها في الجهات الرئيسية بالنسبة الى الهند . وقمة « مرو » هي الشمال بالنسبة الى كل منها . وبالنسبة الى الآلهة لا يوجد شروق وغروب يوميين للشمس : فمن « مرو » ترى الآلهة الشمس بصورة دائمة ولكن عند تعادل الليل والنهار في الربيع يقطع سير الشمس خط الاستواء ، وتدخل الشمس لمدة ستة اشهر في نصف الكرة العائد للآلهة مقتربة الى اقصى حد من يوم الطول الصيفي بالنسبة الى القطب الشمالي حيث توجد هذه الآلهة . وفي التعادل الخريفي تترك الشمس لمدة ستة اشهر نصف الكرة الشمالي لتنزل نحو القطب الجنوبي الى اقصى قصر الشتاء . والستة اشهر الممتدة بين تعادل الربيع وتعادل الخريف هو يوم آلهة . اما الستة اشهر الأخرى فهي ليل الآلهة . وإذاً فسنة الناس هي يوم كامل عند الآلهة (« ليل نهار » Nycthemere) . وحركة الشمس

من اقصر يوم في الشتاء الى اقصر يوم في الصيف هي المسار نحو الشمال اوتورانايا Uttarâyana والحركة المعاكسة ، المسار نحو الجنوب داكشي نايانا dakshinâyane . وعدا عن الشمس والقمر تذكر سورايا سيدهانتا خمسة كواكب (غراها) Graha : « عطارد » . (بودها اوجنا Budha oujna أو الحكيم) والزهرة (فينوس) (شوكرا çukra ، أو الأبيض) ، والمريخ (« انغاراكا » ، أو التيزون أو الجذوة) ، والمشتري (براهاس باتي Brahaspati أو سيد الدعاء) واخيراً ساتورن (شاني Çani أو البطيء) ، وفيما بعد اضيف الى هذه الكواكب العقد الصاعدة والنازلة : راهو Rahu وكيتو Ketu . وحركة الكواكب التائهة تعزى الى قوة كونية تُتصور بشكل ريح ، وفقاً لفيزياء قديمة ولفيزيولوجيا نسمية او تنفسية تعود الى الأزمنة الفيدية ، وتفسر بالهواء كل الحركات في الطبيعة الكبرى الكونية وفي الجسم البشري او الكون الصغير . ويلاحظ ان دوران الحركات الكواكبية ليس دائرياً . وتفسر هذه السمة في تداورها المتتابع بفعل اشكال الزمن القائمة في فلك البروج والمسماة اقصى السرعة سيغروكا Çigrocca . وهي تعتبر مجسدة نسبياً باشخاص ، وكأنها تلعب « بحبال الهواء » بعد ربط ايديها بالكواكب .

وتتمثل الحركات النجومية رياضياً وفقاً لنظام من [المدارات الخارجة عن مدار الشمس أو الداخلة فيه] (Système d'excentriques et d'épicycles) ؛ وهذا النظام ربما لم يكن جزءاً من اصل النص .

الاعمار الكونية : تتألف السنة الآلهية من 360 يوماً الهياً اي من 360 سنة بشرية والسنة الكونية الكبرى ، وهي حقبة تتواجد فيها مجموعة النجوم في موقع واحد بعد ان يكون كل منها قد قام بعدد كامل من الدورات الكاملة ، هذه السنة لا تقدر بخمس سنوات بشرية كما كان الحال في علم الفلك الفيدي القديم .

إنها حقبة طويلة جداً تأخذ في الاعتبار كل الدورات ذات المدد المتنوعة لمختلف الكواكب كما تأخذ في الاعتبار دورات العُقَدِ والاوجين الأعلى والأدنى . [الأوجان م إوج = النقطة في مدار كوكب يكون فيها في حالة من البعد قصوى] وحساب هذه السنة الكبرى لم يتم ، على اساس التقديرات التقريبية لمدد الدورات فقط بل تم ايضاً مع الاحتفاظ بالأرقام . المفاتيح لتقدير السنة ، بحسب النظريات البرهمانية القديمة : 10800 سنة و 432000 سنة . والحقبة الكبيرة بين اتصالين عامين متماثلين هي في النهاية العامل العشري لـ 432000 سنة . أي 4320.000 سنة شمسية وتساوي 12000 سنة الآهية . والمدة المعطاة للسنة الشمسية هي من الناحية التقريبية مطابقة للواقع ، ولكنها محددة بدقة بحيث تبلغ 365 يوماً و 6 ساعات و 12,35 دقيقة و 556 ثانية ، بحسب الملاحظة التي قال بها ج. ب. بيوت J.B.Biot . بحيث ان اصغر عدد من السنوات الذي يحتوي مجموعاً كاملاً من الأيام الشمسية الوسطى يساوي 1.080.000 ربع 4320000 وهو مضروب مئوي للعدد 10.800 . فضلاً عن ذلك ان 108 هي حاصل ضرب 4 ، وهو عدد المراحل القمرية بـ 27 وهو عدد « ناكشاتراو » . 432 هو مضروب الـ 16 ، وهذا العدد هو الأجزاء النظرية لـ صحن القمر ، بـ 27 ، في حين ان

4.320.000 هو العدد من السنوات القمرية التي مرت طيلة 12000 سنة آلهية كل سنة منها تساوي 360 سنة بشرية ، و12 هو عدد الاشهر الموجود في السنة ، و360 هو عدد الايام في سنة من 12 شهراً وكل شهر 30 يوماً . وخصائص هذه الأعداد تعطي الانطباع بان قوانين العدد البسيطة في الظاهرات السماوية قد ظهرت ، وان البحث الفلكي قد انتهى . وقبل زوال النشاط الخلاق في العلم الهندي ، هذا التقهقر الذي حصل ابتداءً من القرون الوسطى العليا وبصورة خاصة كنتيجة للفتوحات الاسلامية وللسيطرة الأجنبية على معظم البلد ، هذا الانطباع بانتهاء العلم شل البحث كما وجّه بصورة مسبقة ومسرفة نتائجه .

والسنة الكبرى ماهايوغا mahayuga أو الحقبة الكبرى تقسم الى اربعة اعمار تسمى ايضاً حقب (يوغا) وهي تشكل بالتالي (كاتوري يوغا) Caturyuga أو مجمل الحقب الأربعة . وبحسب البحوث غير الفلكية حول تقهقر النظام الأخلاقي السليم والكوني عبر العصور تعتبر الأعمار الأربعة غير متساوية في الكمال والمدة . فمن الأول الى الثاني ، وهو العمر الحالي ، تكون نسب المدات اربعة وثلاثة واثنان وواحد . آخر عمر يسمى « كاليوغا » Kaliyuga مدته - وهي اليوم جارية - تساوي $\frac{1}{15}$ من مدة « ماها يوغا » اي 000 432 سنة . وبدايته تنقل ، تقليدياً الى نقطة انطلاق نظرية للدورات السماوية . ونقطة الانطلاق هذه تحدد بالتقاء « ناكشاترا » : ريفاتي Nakashatra Revati وكرتيكا Krttikâ . وهي تتوافق مع تاريخ 18 شباط سنة 3102 ق . م في الساعة صفر .

حركة تعادل الليل والنهار : ان تنقل ازمنة تعادل الليل والنهار ، أو السولستيس solstices أي مواعيد انقلاب الفصول ، ربما لوحظت باكراً في الهند ، لأن مواقع الشمس كانت معروفة بنوع من الدقة ، بفضل نظام ناكشاترا . والمعرفة بهذا لم تظهر على كل حال إلّا في حقبة علم الفلك الكلاسيكي الوارد في « سوريا سيد هانتا » .

تعتبر هذه الحركة لا كحركة دائرية سابقة للاعتدالين بل كحركة تأرجحية تمايلية حول المحور . وقد افترض ان مفهوم مثل هذه الحركة قد استعير واخذ عن مدرسة فلكية اغريقية عرفت نظرية تأرجح الاعتدالين . ولكن اصل هذه النظرية في الهند يفسر بسهولة ، بمعزل عن كل نقل أو اقتباس . فمن المقبول عموماً ان اللوائح القديمة ، لوائح الناكشاترا تبدأ بالناكشاترا التي حصل فيها التعادل الربيعي عند تكونها . وهذا ليس بالأمر الأكيد ولكن يبدو انه كان مقبولاً ايضاً لدى الفلكيين الهنود في القرون الأولى من العصر المسيحي . إلّا ان لوائح ناكشاترا الواردة في مختلف نصوص الحقبات الفيدية والبراهمانية لا تبدأ كلها بذات الكوكب . واللائحة القديمة الفيدية تبدأ بالثريات « كرتيكا » ولائحة جيوتيشافيدانكا Jyotishavedânga التي تعتبر ذيلاً للفيدا تبدأ ببرج الحمل (اشفيني) Açvini أو الذبابة (بهاراني) . اما لوائح براهمانا ، وتعتبر حديثة نسبياً ، فتبدأ أيضاً بالثريات . واخيراً وفي القرون الأولى من العصر المسيحي دل الرصد على بداية الربيع في برج الحمل . وقد نتج عن مقارنة اللوائح القديمة والأحداث المثبتة ، تنقل مفهوم حركة التعادل مرة لهذه الجهة ومرة للجهة الأخرى ، لأن بداية الربيع كانت تنتقل من برج الثريا الى برج الحمل لتعود الى الثريا ثم لترجع الى الحمل .

اما سرعة الحركة فقدرت بـ 54 ثانية في السنة ، وهو تقريب رائع اذا نظرنا الى الزمن الذي حصل فيه ، ذلك ان القيمة عند « هيبارك » وهي 36 ثانية كانت بعيدة جداً عن الواقع . لكن العدد المفترض (54) هو العدد الذي دخل ، نتيجة قربه من الواقع ، في سلسلة الاعداد ـ المفاتيح المقبولة في غير الهند ، لأنه ببساطة يساوي نصف 108 . أما ضخامة التمايل المفترض فقد قدرت بـ °54 أي °27في كل من جهتي الاتصال ، اتصال « ريفاتي » (الاسماك) مع آشفيني Açvini أو الحمل ، مما يعطي عند نقطة التعادل مساراً اجمالياً قدره °108 .

ونظراً لأصل الحقبة ، التي حددت عند هذا الاتصال ، ونظراً لامتدادها وسرعة مبادرة (انقلاب) الاعتدالين ، والمفاهيم التقليدية حول الحقبة التقريبية لأوقات تسميع النصوص الفيدية ، فإن تاريخ بداية « كاليوغا » ، المتوافق مع انطلاق حقبة التمايل ، يمكن ان تحسب بشكل تراجعي ، وقد حددت في الواقع بشكل دقيق . كان هذا التاريخ نقطة انطلاق عصر مألوف نوعاً ما . ويتعارض النظام التسلسلي التاريخي (الكرونولوجي) الذي يتسبب به هذا التاريخ مع المعطيات التقليدية في الكرونولوجيا السلالية القديمة والمحفوظة في البورانا Purâna ، مستقلة عن الحسابات الفلكية ، إذ عملت هذه الحسابات على اعادة النظر في التسلسل التاريخي (الكرونولوجيا) بشكل علمي ، ولكنها ارتكزت على النظرية الخاطئة حول تمايل الاعتدالين . (اي عدم استقرارهما) .

اعدادٌ اساسيةٌ : وإذاً تُعمل نظريات سوريا سيدهانتا الأعداد الأساسية التالية محتفظة بالأعداد الممتازة في علم الفلك الفيدي كعناصر في التقديرات الفلكية الجديدة :

27 (ناكشاترا) × 4 (مراحل) = 108 = عدد درجات تمايل الاعتدالين
27 (ناكشاترا) × 16 (جزءاً) = 432
30 (يوماً) × 12 (شهراً) = 360 يوماً
30 (لحظة) × 360 (يوماً) = 10800 .
360 × يوماً 12.000 (سنة آلهية) = 4.320 000 = سنة كبرى

4.320.000 ÷ 4 = 1.080.000 = عدد السنوات التي تحتوي مجموعاً كاملاً من الأيام الشمسية الوسطية .

4.320.000 ÷ 10 = 4.32 000 « كاليوغا » .

ادوات فلكية : ان الأدوات الفلكية قد وصفت بإيجاز في سورياسيدهانتا . والأداة الرئيسية غير المزولة الشمسية التي لعبت دائماً دوراً كبيراً في علم الفلك الهندي في كل الأزمنة هي الكرة المحلقة أو ذات الحلقات .

اريابهاتا Arybhata : إن الحقبة التي أُلفت فيها « السورياسيدهانتا » ، ثم اعيد النظر فيها ، بحيث اصبحت كتاباً كلاسيكياً اساسياً في علم الفلك الهندي اللاحق ، قد شاهدت ولادة عمل ظل يغلب عليه الطابع الشخصي هو عمل « آريابهاتا » ، الذي يذكر ، هو نفسه ، انه قد مضى عليه 23

سنة كاملة في اواخر السنة 3600 من كاليوغا ، اي في السنة 499 من العصر المسيحي . وليس من سبب واضح ، يدعو الى القول ، كما هو حاصل في اغلب الأحيان ، بان هذا التاريخ هو بالذات تاريخ تأليف الكتاب . لأن هذا التأليف اعتبر بذاته امراً مهماً . ولكن من الواضح ان الكتاب يعود الى بداية القرن السادس في اقصى الحدود . وهو مكثف جداً ويتضمن (121) حكمة مقسومة الى (4) اقسام . أول هذه الأقسام يستعمل كمدخل ويرشدنا الى ترقيم خاص للأعداد بواسطة المقاطع . اما الأقسام الثلاثة الباقية ، وهي جسم الكتاب فتتضمن مابة وثمانية من المقاطع ، تُذَكَّرُ بعددها ، برقم المفتاح الأساسي ، رقم العقيدة الفلكية ، الذي يرمز بذات الوقت الى مجموعة كلية . وهناك قسم من الكتاب رياضي خالص ، ودراسة الكرة الأرضية ، ومواقع القمر والشمس تشكل القسم الفلكي الخالص وهي تنسجم مع المعطيات الواردة في سوريا سيدهانتا ، مع تمييزها بمفاهيم خاصة بآريابهاتا . وهذا الأخيرة تؤمن بدوران الأرض . وهو يوسع بشكل ضخم نظرية المدارات أو افلاك التدوير . وربما يكون ما ورد في سورياسيدهانتا قد اضيف اليها فيما بعد تحت تأثير من تعاليمه بالذات (P.C. Sengupta) . ويعترف أريابها بالسنة الكبرى . سنة سورياسيدهانتا ، ومقدارها 4.320.000 سنة . ولكنه يقسمها إلى أربع حقب متساوية كل منها 1.080.000 سنة لا إلى 432000 ، وهنا يوجد فرق في كل الدورة الكونية بالنسبة إلى دورة سورياسيدهانتا .

ويعتبر « آريابهاطا » احد الكتاب الأكثر اصالة في العلم الهندي . ومدرسته ، وان لم تسد على غيرها ، إلاّ انها ظلت مزدهرة خاصة في جنوب الهند . ولكن مدرسة سوريا سيدهانتا هي التي اثرت بصورة رئيسية في علم الفلك لدى الشعوب الأجنبية التي اعتمدت الثقافة الهندية في الهند الصينية وفي اندونيسيا ابتداءً من القرون الأولى من العصر المسيحي .

فاراهاميهيرا Varâhamihira : يعتبر فاراهاميهيرا من منتصف القرن السادس ، وهو الذي لخص خلاصات السيدهانتا الخمسة وذلك في كتابه المسمى بانكاسيدهانتيكا Pancasiddhântikâ ، وهو كتاب نقدي يبحث في الحساب الفلكي العملي من نمط يسمى نمط « كارانا » ، وهو يدل في بعض الاحيان على تصحيح لمعطيات السيد هانتا . ولكن من سوء الحظ وصل هذا الكتاب الينا في حالة بؤس وتعاسة . وقد ترك « فاراهاميهيرا » كتباً في علم التنجيم والتنبؤ والمعرفة العلمية . واهم كتاب هو برهاتسامهيتا Brhatsamhitâ أو المجموعة الكبرى التي تعالج عدداً كبيراً من المواضيع : مثل وصف الأجرام السماوية وحركاتها واتصالاتها والظواهر الطقسية ومعلومات عن الطوالع تعطيها هذه الحركات والاتصالات والظاهرات . كما تقدم ايضاً سلوكات يلتزم بها وعمليات يجب انجازها ، واشارات تراقب على البشر والحيوانات والحجارة الكريمة الخ . . . وهناك اوصاف فلكية خالصة مثل برهات جاتكا Brhatjâtaka ولاغوجاتاكا Laghujâtaka أو الأبراج الكبرى والأبراج الصغرى أو علوم الطوالع . والكلمات اليونانية الفلكية التي تبدأ هورا hora أي ساعة الولادة اصبحت عديدة وكثيرة عند فاراهاميهيرا .

« براهماغوبتا » : في سنة 598 ولد في البنجاب « براهما غوبتا الذي ألف سنة 628 كتابه

« براهماس فوطا سيدهانتا » . وفي سنة 664 الف كتاباً في الحسابات الفلكية (كارانا) إسمه كاندا كادايكا Khandakhâdyaka . وقد اعتبره البيروني امهر الفلكيين الهنود . ولكنه حارب افكاراً صحيحة مثل دوران الأرض الذي علمه « آريابهاتا » . وقد شاعت مدرسته بصورة خاصة في غربي الهند .

وبانتهاء حياته تسكرت الحقبة الكلاسيكية القديمة في علم الفلك الهندي وذلك قبل الفتوحات الاسلامية وقيام العلاقات مع العلم العربي الناشيء ومن جهة اخرى حصل تطور جديد وسيطي هذه المرة في علم الفلك الهندي الكلاسيكي على يد مؤلفين امثال « بهاسكارا » في القرن الثاني عشر :

التسلسل التاريخي (Chronologie) واقسام الزمن : حددت الأعمال الفلكية الكلاسيكية القديمة بدايات عدد كبير من الحقب التأريخية السابقة واللاحقة للعصر المسيحي . وقد تم ايضاً وضع عدد من اساليب تقسيم الزمن سواء من اجل الاحتياجات العادية في الروزنامة او لاحتياجات علم التنجيم .

وسمي الشهر القمري او الدوران الاقتراني للقمر بين هلالين جديدين او بين هلتين كاملتين ، باسم « الناكشاترا » التي فيها يصبح القمر بدراً . والشهر القمري يقسم الى ثلاثين يوماً قمرياً أو تيتي tithi والى مجموعتين خمس عشريتين « تيتي » . المجموعة الأولى التي تبدأ مع القمر الجديد تسمى « منورة » ، والثانية التي تبدأ مع البدر تسمى « مظلمة » . ولكل تيتي اسم خاص ، وتقسم الى نصفين « كارانا » . وتعين الروزنامات التطابق مع الأيام الشمسية .

والأشهر الشمسية تسمى باسماء الأشهر القمرية التي تتطابق معها ، أو تسمى منذ ادخال النظام البروجي باسماء اشارات البروج التي تدخل فيها الشمس تباعاً .

وعدم تساوي الأشهر والأيام القمرية يقتضي وضع نظام اضافة وحسم اشهر وايام ، ومن جهة اخرى يحطم تبادر الاعتدالين ، كما في علم التنجيم الأوروبي ، التوافق الأولي بين الاشارات وبين البروج في فلك البروج . وبالتالي ، وفي علم التنجيم الهندي ، هناك نظامان مستعملان : الأول يأخذ بنظام تتالي الاعتدالين (ويسمى (نظام سايانا) Sâyana أي « مع التنقل ») والنظام الثاني لا يأخذ بتتالي الاعتدالين ويسمى نظام نيرايانا nirayana ، (بدون تنقل) .

والاسبوع ، الذي يتألف من سبعة ايام تسمى باسماء الكواكب ، وبذات الترتيب كما في النظام اليوناني ، يظهر خلال حقبة سيدهانتا ، اي بذات الوقت مع منطقة البروج [وهو مسير الشمس الظاهر] . والأخذ عن النظام اليوناني بارز بهذا الشأن .

والفصول الفيدية وعددها ثلاثة ، قد استبدلت بستة فصول كل فصل منها شهران .

الفصول	الأشهر
فيزنتا vasanta (الربيع)	كيترا caitra (آذار ـ نيسان)
	فيشاكا vaiçâkha (نيسان ـ أيار)

غريشما grîshma (الفصل الحار)	جايشتا jyaishtha (ايار ـ حزيران)
	آشدها âshâdha (حزيران ـ تموز)
فارشا varsha (الأمطار)	شرافانا çrâvana (تموز ـ آب)
	بهادرابادا bhâdrapada (آب ـ ايلول)
شاراد çarad (الخريف)	اشفينا açvina (ايلول ـ تشرين الأول)
	كارتيكا kârttika (تشرين اول ـ تشرين ثاني)
همنتا hemanta (الشتاء)	مارغاشيرشا mârgaçirsha (تشرين ثاني ـ كانون اول)
	بوشا bausha (كانون اول ـ كانون ثاني)
سيسيرا çiçira ((المعتدل)	ماغها mâgha (كانون الثاني ـ شباط)
	فالغونا fhalguna (شباط ـ آذار)

وتتخذ دورة جوبيتر كأساس لدورتين: الدورة الأولى اثنتا عشرة (12) سنة وتتوافق تقريباً مع هذه الثورة ، والدورة الثانية من ستين سنة وهي حاصل ضرب الأولى بـ (5) . ودورة الستين سنة هي الأكثر استعمالاً . والسنوات لكل منها اسم خاص . والدورة الأولى فيها مفارقتان : او أن كل سنة من الدورة تقاس باشراق شمسي من المشتري (جوبيتر) من اشراق الى اشراق ، أو أن كل سنة في الدورة تحسب بقسمة مدة الدورة الفلكية العامة (لجوبيتر) على 12 ، وفي الدورتين تكون السنوات المشترية joviennes أقصر من السنوات الشمسية ، ذلك ان دوران المشتري انقص باثنتي عشرة سنة شمسية ، الأمر الذي يقتضي من اجل اعادة التوافق، الالغاء الدوري لسنة مشترية . ولكن بعد سنة 907 بعد المسيح لم تحدث الالغاءات ، واقتصر استعمال الدورة الستينية لجوبيتر على تسمية السنوات الشمسية بالاسماء القديمة للسنوات المشترية joviennes [نسبة الى المشتري] .

II ـ الرياضيات

1 ـ الرياضيات البرهمانية :

لا نملك اي كتاب خاص بالرياضيات عن الحقبات الفيدية والبرهمانية . ولكن اللغة الفيدية تشهد بالتعامل باعداد عالية جداً ، بحكم انها تمتلك اسماء خاصة بكل مضروبات العدد 15 حتى ثمانية اصفار (10^8) . وتطوير نظام العد استمر بايجاد تسميات خاصة باللغة السنسكريتية الكلاسيكية ، لكل مضاريب العشرة حتى ثلاثة وعشرين صفراً (10^{23}) ، بعكس ما حصل في العالم الهليني حيث توقف نظام اسماء الأعداد اليونانية القديمة عند العدد عشرة آلاف .

ونحن لا نعرف اي نوع من الكتابة بالنسبة الى الحقب الفيدية والبرهمانية القديمة ، وبالتالي لا نعرف إذا كان هناك ترقيم بالأرقام والاعداد أو أي اسلوب حسابي يحل محله . ولكنّا نمتلك عن بدايات الجيومتريا بعض المعلومات الدقيقة والثمينة ، فقد تدخلت الجيومتريا من اجل بناء الاديرة الفيدية ، والتراتيل الطقوسية الفيدية معقدة جداً ، وتهدف الى تحقيق استعدادات مادية ومجريات حدثانية تتوافق

على التوالي مع بنية الكون ومع تتالي ظاهرات الحياة المراد مساعدتها أو التحكم بها .

سولفاسوترا çulvasûtra : تتضمن النصوص المسماة كالباسوترا kalpasûtra ، والتي تعطي القواعد الطقوسية ، « السولفاسوترا » « حكماً حول الخيوط » مخصصة لوصف قواعد بناء الأديرة والمعابد . والنصوص الرئيسية تُعزى الى مدارس : بودهايانا Boudhâyana وآباستامبا Âpastamba وكاتايانا kâtyâna . وتاريخ هذه النصوص غير محدد ، وقد افْتُرِضَ ان المعارف الهندسية التي تدل عليها هذه النصوص ربما ادخلت بتاريخ متأخر ضمن كتب الطقوس . ولكن هناك مجموعة من النصوص الفيدية الاساسية هي التاتي ريا سامهيتا taittiriyasamhitâ تشير الى مختلف اشكال المعابد الموصوفة في سولفاسوترا . ولا شيء يسمح بالظن ان المعابد لم تكن قد وجدت بعد في حقبة هذه الشهادة الأولى عن وجودها ، وانها قد بنيت وفقاً للمفاهيم التي وردت فيها بعد في سولفا سوترا .

ومواقع نيران الأضاحي (فيدي) vedi لها اشكال هندسية بسيطة انما يجب ان تنسجم مع تداعيات عددية محددة . والهياكل (سيتي) citi المبنية من القرميد تبدو اكثر تعقيداً ، ويجب ان تكون قد بنيت وفقاً لقياسات محددة ولعدد من الأحجار محدد . فضلاً عن ذلك يجب ان تتلقى تغيرات تزيد في بعض مساحاتها، زيادة محددة دون تغيير في اشكالها . وهنا يتدخل تعليم عملي هندسي مرتكز على قواعد سبق اعلانها . فقاعدة فيثاغور تبدو كما يلي :

« إن الخط الاعتراضي في مستطيل ما يحدث (إذا اتخذ اساساً لبناء مربع عليه) ما يحدثه الطول والعرض كلٌ على حدة » .

وميزة النصوص ، وهي مجرد مجموعات من القواعد التقنية ، تستبعد تقديم البيانات التوضيحية . وهكذا ليس بامكاننا الا ان نتحقق من النتائج الرياضية الحاصلة دون ان نتعرف على الطرق وعلى التحليلات العقلية المؤدية اليها (إلى هذه النتائج) .

2 ـ الرياضيات الكلاسيكية القديمة :

عدا عن الأقسام الهندسية في نصوص الكتب الطقوسية البرهمانية ، هناك مؤشرات عرضية تتعلق بالاهتمامات الرياضية لدى الهنود موجودة في النصوص الأكثر تنوعاً . ولكنها ، أي هذه الاهتمامات الرياضية ، نادرة للأسف . لاحظنا ، ونحن ندرس علم الفلك ، استعمال الأعداد الخاصة ذات العلاقات التي تتطابق مع التنسيق الطبيعي ومع مقابلاتها : مثل 27 ، و 10800 و 432000 ،وذلك في النصوص الفيدية . وهناك نص بوذي اسمه «لاليتافيستارا lalita reistara ، يبحث في حياة بودها bouddha الذي الف العقيدة البوذية في القرن الخامس قبل المسيح . هذا النص يشير الى العلوم التي اتقنها بودها وهو طفل . وفيها ذكر لتقدير حبات الرمل في الجبل ، وهذه المسألة تذكر بمسألة آرنيرا Arénaira عند ارخميدس Archimède . ومن جهة اخرى وبعد ظهور سابق على التاريخ في نصوص حضارة الهندوس ، ظهر الترقيم الكتابي ، انطلاقاً من تدوينات « آزوكا » في منتصف القرن الثالث ق . م ،وبالشكل الذي بقي لها لعدة قرون بعد العصر المسيحي ، وحتى في بعض الأوساط الهندية ، الى حقب اكثر تأخراً . وهذا الترقيم يتضمن اعداداً خاصة لا تتعلق فقط بكل وحدة بل ايضاً بكل عشرة وكل مئة . وبدون صفر دونت الأعداد 202 ، 200 الخ . برمزٍ يرمز

الى كل منها . اما الترقيم العشري الكسري (اقل من واحد) فاستعمل الأعداد التسعة ، مع الصفر ، وهذا الترقيم الذي انتشر فيما بعد على انه ترقيم هندي في العالم كله على يد العرب ـ لم يكن قد عرف بعد . وهذا لا يعني بالضرورة ان الترقيم العشري لم يتم اختراعه الا فيما بعد . إذ سوف نرى انه حتى بعد اكتشافه لم يستعمل مرة واحدة وبصورة محصورة . وإذاً فمن الممكن ان يكون قد وجد دون ان يرد ذكره في المستندات التي وصلت الى ايدينا . ومهما يكن من امر ، وفي القرون الأولى من العصر المسيحي ، تعطينا تسجيلات ناسيك Nâsik امثلة عن ترقيم باشارات خاصة لأعداد حتى 70.000 . وعلى كل حال يتألف قسم من هذه الأرقام من ترقيم اشارات الأعداد الأصغر . مثلاً 4.000 تكتب الف والى جانبها اشارة 4 . وهناك ارقام اخرى ايضاً لها رموز محرفة باضافة اشارات الضرب الى اعداد اصغر . مثلاً المئات والألوف تتضمن كلها العنصر 100 أو 1000 مزوداً بخطوط صغيرة اضافية للدلالة على 200 أو 2000 الخ .

الأرقام الآرامية الهندية القديمة

1 2 3 4 5 6 8 9 10 11 20 30 50 100

الأرقام الآرامية الهندية في القرن الثاني بعد المسيح

1 2 3 5 8 10 30 100 1000

الأرقام الهندية في القرن الثالث بعد المسيح

4 6 50 200 256

الأرقام الهندية في القرن الأول والثاني بعد المسيح

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 20 40 70 80 100

200 500 1000 2000 3000 4000 8000 70000

الترقيمات العشرية الوسيطية في كشمير (مخطوطة باخشالي Bakhali)

1 2 3 4 5 6 7 8 9 0

صورة رقم 18 ـ أهم الترقيمات العددية الهندية القديمة

وهناك ترقيم آرامي للأعداد استعمل في شمال غرب الهند ، في المستندات الآرامية الهندية المسماة خاروستي Kharosthî أو خاروشتري Kharohtri . وبدت النصوص في هذه الكتابة مع تدوينات « ازوكا » التي حفرت في الشمال الغربي في منتصف القرن الثالث قبل المسيح . ولكن هذه الكتابة نفسها هي نقل عن الكتابة القديمة الصوتية الهندية ، بحروف « الفبائية » آرامية معدلة ومزيدة باشارات تكميلية . وقد وضعت اثناء الاحتلال الفارسي قبل هجمة الاسكندر التي وضعت حداً لهذا الاحتلال . وقد استعملت هذه الكتابة في آسيا الوسطى « المهندة » حتى حوالي نهاية القرن السابع بعد المسيح ، انما كان استعمالها اكثر في القرون الأولى .

3 ـ الرياضيات الكلاسيكية :

بدأ تعليم الرياضيات بصورة نهائية ، بخلال حقبة العلم الهندي الكلاسيكي ، في كتب علم الفلك . ولكن هذه الكتب لا تُعْلِمُنا عن المراحل المتتالية لاقامة ووضع المعارف الموجودة فيها .

في حين تبدو هذه المعارف مرتفعة وعالية . ويتضمن كتاب « سوريا سيد هانتا » أول جدول معروف عن الجيوب أو « السينوس » Sinus . ويخصص « اريابهاتا » قسماً من كتابه ، الفصل الثاني ، أو كتاب العدد ، « غانيتا » ganita ، للحساب (اريتمتيك) وللجبر . وهو يستخرج الجذور التربيعية والتكعيبية بحسب الأسلوب الشائع اليوم والذي يقتضي قسمة العدد المعمول به الى اجزاء من عددين او ثلاثة . وهذا الأسلوب يقتضي ان تكون هذه الأعداد بالنسبة الى هذه العمليات مكتوبة بارقام كسرية عشرية ذات تسعة اعداد يضاف اليها الصفر ، وليست مكتوبة برموز وفقاً للشكل القديم الشائع . وقد تكون هذه الأرقام قد دونت بواسطة المعداد ذي الأعمدة الذي يعطي نفس النتيجة على ان تترك الأعمدة فارغة حيث يقتضي الترقيم التسجيلي استعمال الصفر .

آريابهاتا : استعمل آريابهاطا ، كما سبقت الاشارة ، انما بالنسبة الى جداول الأعداد ، ترقيماتٍ محددةً باعداد مرتفعة ، مع اعطاء قيم اتفاقية للمقاطع . فالخمس وعشرينات المقفلة إذا لفظت مع حرف المد آ (a) وصنفت مع الصوتيات أو السقفيات الخ وفقاً لتحليل علمي صوتي ماهر جداً برع فيه النحاة الهنود القدامى ، هذه الـ 25 تلحق بقيم من واحد الى خمس وعشرين . اما المديات النصفية ، والحروف المصوفرة والحروف النهائية فتعني العشرات من 30 الى 100 . والمديات والمصوتات المزدوجة التي تحل محل حرف المد آ في نفس المقاطع ، فهي تضرب العدد الذي تعبر عنه بـ 10^2 10^{16} . مثلاً : (ga = 3, gi = 300,gu = 30.000 etc) . وذهب آريابهاتا . في الجبر الى حد حل معادلتين متقارنتين وغير محددتين من الدرجة الأولى بواسطة الكسر المتتالي .

وفي الهندسة توصل الى ان « π » تساوي : 3,1416وقد عبر عنها بـ : « 62832 ، وهي تقريباً محيط الدائرة الذي قطره 20 ألف » أي أن π = $62832 \div 20000 = 3,1416$. ويعطي احياناً مثلاً يمكن ان نستخلص منه قاعدة عامة بدلاً من ان يعطي قاعدة عامة بالذات . وفي بعض الاحيان الاخرى يعطي القاعدة العامة . مثلاً : « يجب طرح مجموع المربعات من مربع المجموع .

ونصف هذا هو حاصل ضرب العناصر بعضها ببعض . أي :

$$a\,b = \frac{(a + b)^2 - (a^2 + b^2)}{2}$$

الترقيمات العشرية : ان الترقيم بواسطة الأعداد التسعة والصفر ، الذي اشاعه العرب في الغرب كان موجوداً كما رأينا عند آريابهاطا في بداية القرن السادس . ولم يعثر عليه ، صدفة في بقايا التدوينات ، إلا في اواخر القرن السادس اي في سنة 595 (تدوين يعود تاريخه الى سنة 346 من العصر المسمى سيدي cedi) . بل ان شكل الصفر الذي كان يختلف ، باختلاف مناطق الهند ، لم يصبح معروفاً لدينا ، إلا بالمصادفة دائماً وبعد القرن التاسع ، ولكن هناك ذكر له ، وارد منذ القرن السادس . وكان يرمز اليه بمجرد نقطة . وهذه النقطة اصبحت فيما بعد دائرة ، وقد بقيت تستعمل في « كشمير » الى وقت متأخر . وهناك ترقيم عشري بدون صفر ما يزال حتى ايامنا في جنوب الهند في بلاد « التامول » وله رموز خاصة لتدل على العشرة والمئة والألف . والوحدات الموضوعة امامها تضربها . فإذا وضعت وراء تضاف اليها . واختراع الصفر لم يؤدِ الى استعماله بشكل عام وشائع . وهذا الاختراع قد يعود الى ابعد من ظهور استعماله . وبما انه قد تم في ميزوبوتاميا قبل ان تنقل عناصر الثقافة اليونامية الى الهند على يد الفرس ، فقد تكون الهند قد اخذته عن الرياضيات البابلية ، وان كان التعداد الآرامي هو الذي برز في الهند اولاً . ومهما يكن من امر فان الهند هي التي اخترعت وأشاعت استعمال نظام التعداد العشري ذي الأرقام التسعة والصفر بكامله والذي اصبح عالمياً فيما بعد .

براهماغوبتا Brahmagupta ومهافيرا Mahâvira : في القرن السابع سجل الفلكي براهماغوبتا ، وان بدا متأخراً بالنسبة الى آريابهاطا Âryabhata ، حول بعض النقاط الفلكية ، تقدماً على سابقه حين قدم طريقة عامة لكشف الحلول الكاملة لمعادلة غير محددة من الدرجة الثانية . وبعده استمرت الرياضيات تتطور . في القرن التاسع وفي بلاد كنارة kannara في جنوب الهند ، وضع معلمُ (آكاريا âcarya) جايينا djaüna ، « مهافيرا » ، بالشعر خلاصة قواعد العدد « غانيتا سارسان غراها » Ganitasârasongraha « مجموع اساس الحساب » . يستعيد هذا الكتاب تعليم « براهاما غوبتا » ، ولكنه ادخل عليه تبسيطات وزيادات .ووضّح في بداية الأمر العبارات الرياضية التي استعملها . ثم عالج العمليات الحسابية والكسور والقاعدة الثلاثية ، والمساحات والأحجام ، وبصورة خاصة العمليات الحسابية التطبيقية المعلقة بالمقعرات والظلال . وهناك امثلة عن حلول لمسائل معينة . وهذا الكتاب وان كان مكثفاً ككل الكتب الهندية الشعرية ، إلا ان له ، من الناحية التعليمية ، امتيازات على الكتب التي سبقته .

III ـ الطب

1 ـ الطب الفيدي :

في الحقب القديمة ظهر الفن الطبي في تلميحات كثيرة من النصوص الفيدية ، وكأنه علم سحري في جوهره . فهناك الكثير من الأشعار في « آثار فافيدا » Atharvaveda بصورة خاصة ، تستعمل كأدعية شفائية . وتدل « كوسي كاسوترا » kauçikasûtra على كيفية استعمال هذه الأدعية . وتوصي بالطقوس التي يجب اتباعها عند ذكرها . وهذه الأناشيد وهذه الطقوس تتضمن اسماء كثيرة للأمراض وللأعشاب ذات المنفعة الطبية الحقيقية .

ولكن الطب السحري ذا الأهمية وذا الوجود المشهود له ، يقترن بمعارف عملية دقيقة نوعاً ما . وغنى اللغة التشريحية في السنسكريتية الفيدية يدل بذاته على تقدم الملاحظة والمراقبة لبنية الجسم البشري ولبنية اجسام بعض الحيوانات وخاصة الحصان الذي هو من الأضاحي الرئيسية الفيدية . ومن جهة اخرى لا تمثل الاشارات الى الأمراض والعلاجات كامل المعارف والممارسات الطبية في ذلك العصر . فبعض النصوص الفيدية تتكلم عن الأطباء بلهجة الذم مما يدل على ان هذه النصوص لم تنبثق عن الأوساط الطبية بالذات وان اخذت عنها بعض المعلومات .

التشريح وعلم وظائف الأعضاء (اناتوميا وفيزيولوجيا) : ان الجداول التشريحية ليست غنية فقط ، ولكنها ايضاً تتناول اجزاءً من الجسم غير مكشوفة لأول وهلة . فمكونات الجسد ، كما عرفت جزئياً فيما بعد من قبل الطب الكلاسيكي ، سبق وذكرت . وبعضها مثل الدم ولب العظم بدت معروفة وشائعة وهناك كلمة اخرى « الرازا » rasa أو « العصارة » توحي بتصور معين : تصور لخليط [رطوبة] حاضرة تمثل مادة اساسية في مختلف السوائل العضوية الملحوظة حقاً . وهذا التصور هو الذي ظل فيما بعد شائعاً في الطب الكلاسيكي . وكذلك الحال بالنسبة الى « الأوجاس » ojas أو نوع من النسغ الحياتي . ان التصورات الفيزيولوجية تقوم على نظرية التوافق بين الجسم الذي هو العالم الأصغر والطبيعة وهي العالم الأكبر . وتدل الـ « ياجور فيدا » على ان الصفراء هي في الجسم مثل النار في الماء . وهذا المفهوم للطبيعة النارية للصفراء استمر مقبولاً في الطب الكلاسيكي . والعنصر الأكثر اهمية ، كعامل في التحرك الحيوي هو النَفَس « برانا » prâna ،الذي يشكل مع الريح « فاتا » vâta أو « فايو » vâyu محركاً كونياً واحداً . وهكذا تقوم الفيزيولوجية الهندية منذ الحقبة الفيدية على النسماتية التي سبق وفصلت دقائقها تفصيلاً . ان النسمة العضوية لا تكمن فقط في التنفس الرئوي : فكل الحركات الداخلية تعزى الى عمل النسمات التي هي خمسة تعمل في كل انحاء الجسم . وتركز « البراهمانا » على الغدة النخامية أو البلغمية pituite التي تمثل في الجسم عنصر الماء في الطبيعة .

علم تعريف الأمراض والطبابة : يَعْتَبِرُ هذا العلمُ الأمراضَ على انها محلية او عامة ، محددة الاسم خصيصاً سنداً لعلامات رئيسية خارجية ، منها : الوجع ، النحول ، إلحرارة المرتفعة الخ ، وهذا العلم قلَّ ما اهتم بتدوين الترابط بين المؤشرات التي تحقق التزامن بين الأمراض ودلائلها بحيث

تشكل وحدات مرضية معقدة . إلا ان الترابط المتكرر بين النذر او المؤشرات ، بارز رغم ذلك . فهناك بعض الظاهرات المرضية كانت مصنفة او معتبرة متآخية أو متقاربة في ما بينها . إلا ان علم اسباب الأمراض كان غير متطور كثيراً . فمنشأ الأمراض ، عندما يؤتى على ذكرها خاصة في اساطير « براهمانا » ، يغلب فيها الطابع السحري أو الخرافي اكثر من طابع التعرف على اسباب المرض ، والشياطين ، وخاصة « المساسات » saisisseuses « غراهي » grahi تلعب دوراً مهماً وان لم يكن اساسياً . وتؤدي مخالفة النظام العام للاشياء (رتا) rta ، سواء كانت ادبية أو اخلاقية ، ارادية أو غير ارادية ، الى الأمراض وخاصة الى مرض « الاستسقاء » hydropisie ، الذي يعتبر ناتجاً عن روابط الفارونا Varuna ، التي هي حارسة نظام الأشياء « رتا » . والاستطباب هو دائماً على اساس الأعشاب والتعزيمات والممارسات السحرية التخلقية [من التخلق : التقليد] . وهذا الاستطباب يحاول التأثير بواسطة الصفات الطبيعية للأعشاب في الجسم باعتبارها انها تحدث فيه اثراً مفيداً مثلاً على ذلك المطاط الذي يسد شقوق الأشجار ، يعطي عن طريق الفم في حالة الجروح بامل ان يأتي هذا الصمغ الى الجرح فيسده من الداخل وبسرعة . ونجد هنا جهداً بدائياً لمساعدة الطبيعة بواسطة وسيلة طبيعية .

2 ـ الطب الكلاسيكي

التقاليد : تشكل الكتب الطبية التي بقيت لنا ، والتي ذاعت شهرتها في القرون الأولى من العصر المسيحي المصادر المسماة «ايور فيدا» أو « المعرفة بكيفية اطالة العمر » . وهذه الكتب احتفظت بصورة تقليدية ، وعن طريق التعليم الكلاسيكي المتواصل ، بسلطتها حتى ايامنا ، مع استكمالها عبر العصور بمؤلفات اخرى . هذه المؤلفات الكلاسيكية كسفت غيرها ، واضاعت الأعمال السابقة التي وقعت بين الحقب الفيدية والبراهمانية من جهة ، وبين ازدهار تراثها الكلاسيكي من جهة اخرى . ولكن جوهر التعاليم القديمة الثابتة يتكشف في الأساس المشترك الذي تعرضه هذه الكتب نقلاً عن سلسلة من الكتاب المتعاقبين . واوائل هؤلاء الكتاب هم اشخاص اسطوريون ، اما المتأخرون منهم فلهم الحظ بان يكونوا معلمين حقيقيين مؤسسين للمدارس الرئيسية . وهذه المدارس عددها اثنتان : مدرسة « آتريا » âtreya ومدرسة سوشروتا suçruta . وتتمثل الأولى بالمجموعات (سمحيتا) samhitâ المسماة «كاراكا» caraka وبـ بهيلا Bhela وهاريتا hârîta (وهذه الأخيرة تبدو جزئياً مزورة) . اما المدرسة الثانية فتمثل « بمجموعة » « سوكروتا » suçruta بالذات (سوكروتا سمحيتا) sucrutasamhitâ . وكان « كاراكا » من غير شك الطبيب عند الملك الهندي ـ الشيثي « كانيشكا » Kanishka في أواخر القرن الأول او في بداية القرن الثاني من العصر المسيحي . ولكنه يظهر هنا كناشر وكمراجع لتعاليم « اغنيفيشا » Agniveça تلميذ « آتريا » . فضلاً عن ذلك عُدِّلَ قسمٌ من كتابه واستُكمِلَ فيما بعد . وتعليم الأقسام القديمة يتآلف مع تعليم « بهيلا » تلميذ اتريا وتلميذ « اغنيفيشا » . وهذا التعليم إذاً لم يكن مختصاً بـ غاراكا ولا حتى بـ « اغني ـ فيشا » أو بهيلا ، بل يرجع الى آتريا . ثم ان التراث الذي يجعل من آتريا معلم طب ، موجود ، خارج الأدب الطبي ، في النصوص البوذية التي تجعل من اتريا معلم الطب لجيفاكا Jivaka المعاصر لبوذا . وهذا يجعل من آتريا معاصراً للقرن السادس قبل المسيح . وعلى كل ان نصوص المدارس البوذية التي تشير الى هذا تعود

بالتأكيد الى تراث سابق على العصر المسيحي . هناك مجال للإفتراض بأن نشاط مدرسة « اتريا » يعود على الأقل الى القرون الأخيرة قبل العصر المسيحي ، هذا إذا لم تكن حقاً في القرن السادس قبله .

ومن جهة اخرى تعتبر الأفكار المنسوبة الى اتريا تتمة للمفاهيم الفيزيولوجية التي سبقت مشاهدتها في النصوص الفيدية . ويكون من الصعب ايضاً القول بوجود حقبة من الزمن ضخمة بين زمن تحرير هذه النصوص وزمن صياغة النظريات الطبية الكلاسيكية من قبل آتريا أو من قبل مدرسته، وكل شيء يساهم ، في النهاية ، في اضفاء القدم على هذه المدرسة ، رغم ان افضل عرض لنظرياتها يبرز في كاراكاسامهيتا Carakasamhitâ المتأخرة نسبياً . وبعض اجزاء هذه « الكاراكا سامهيتا » هو اضافة من القرن التاسع إلاّ انه لا يتناول المواد الأكثر اهمية .

« والسوشروتاسمحيتا » Suçrutasamhitâ تبرز وكأنها عرضٌ لنظرية ديڤوداسا Divodasa ، ملك بينارس Bénerès ، وتجسيدٌ للإلّه دهنفنتاري Dhanvantari وهو متصوف حامل « لروح الإحياء » أو « ماء الخلود » . الواقع ان تراثها يبدو وكأنه يعود الى نفس الوسط البراهماني الذي يعود اليه تراث الكاراكاسامهيتا Carakasamhitâ التي تتفق معها حول المعتقدات الأساسية .

المعتقدات الأساسية : تحتوي الكتب المختلفة حول « آيور فيدا » نظرية عقلانية لتفسير الوظائف العضوية واختلالاتها . والمواد الخمس الأولية التي تشكل الكون ، يتكون ايضاً منها الجسم البشري . وهذه المواد هي : التراب والماء والنار والهواء والفضاء ، والتي تتوافق تباعاً مع الأنسجة الجامدة ومع الرطوبات والصفراء والنفس وتجاويف الأعضاء . والعنصران الطرفان الأرض والفضاء جامدان . والثلاثة الباقية ناشطة . وتحمل كاراكا سمحيتا اشارة الى محاولات قديمة من اجل اعمال الدور الأساسي الخالص ، لواحد من هذه العناصر الثلاثة . ولكنها تسعى لأن يكون « اتريا » قد اشار الى ضرورة إعمال افعالها المتتالية بشكل متوازن .

فالماء والنار والهواء عناصر حاضرة وفاعلة في الجسم باشكال البلغم والصفراء والنفس . ولكن هذا المثلث من العناصر العضوية أو « التريد هاتو » Tridhâtu يبدو في الجسم باشكال متعددة . لأن كل عنصر عضوي يرتدي خمسة اشكال رئيسية .

والنَفَس « برانا » Prâna ليس فقط تنفسياً . لأن البرانا بالذات هي « التنفس الفمي » ، وهي عامل تنفسي وبلع . وهناك نَفَس آخر هو « الاودانا » Udâna أو عامل الكلام . اما السامانا Samâna فهو الذي يضرم النار الداخلية اي الحرارة الحيوانية التي تنضج الطعام اي تهضمه . وهناك الآبانا Apâna التي تطرد الفضلات نحو الأسفل وهناك الفيانا vyâna التي تسري في الجسم وفي الأطراف وتؤمن وظائف الحركة .

اما الصفراء أو بيتا pitta فهي العنصر الناري بشكل باكاكا pâcaka ، وهي تهضم الأطعمة بعد حرقها . والصفراء بشكل رانجاكا ranjaka تلون الأطعمة لتحولها الى دم أو سائل أو رازا rasa يأتي عن طريق الهضم . والصفراء بشكل سادهاكا sâdhaka هي التي تشعل الشهوات في القلب الذي

هو مركز الحياة النفسانية . والصفراء بشكل آلوكاكا أو « الناظر » هي التي تلمع في العين وتؤمن الوظيفة البصرية ، وهي ايضاً تلمع في الجسم والجلد بشكل براجاكا bhrâjaka .

أما البلغم أو كافا Kapha أو شلشمان çleshman ، فهو عنصر كثيف له خصائص زيتية كثيفة لزجة وهو يؤمن بشكل رئيسي الترابط في الجسد وليونة المفاصل ، أو التواصل الفزيولوجي الضروري كالتصاق الطعام باللسان من اجل التذوق .

والفصول والمناخات والصحة المراقبة تثير أو تبطىء فعل العناصر العضوية الثلاثة . وأي من هذين الأمرين قد يسيطر بصورة منتظمة على مزاج كل فرد ، بسبب ظروف الولادة أو ظروف نمو كل فرد . وحِدَّةُ تأثير اي من هذه العناصر العضوية ، تحت تأثير الظروف الخارجية والأخطاء الصحية الغذائية أو العامة ، تحدث خللاً في توازن الوظائف كما تجلب اضطرابات مرضية . والعناصر عندما تصبح هكذا مسببة للأمراض تأخذ اسم اضطرابات أو دوشا Dosha ويصبح مجموعها تريودوشا tridosha أو مثلث الاضطرابات .

وحالات خلل وظائف العناصر العضوية معقدة في اكثر الأحيان . واصابة احدها تؤدي الى الخلل في عمل الاخريات . واحياناً يجتمع اثنان ، منها واحياناً تكون الثلاثة بآن معاً سبباً لأحداث مرض ما . وعندها يكون هناك توافق أو تجمع يعمل . فضلاً عن ذلك قلما تكون الأمراض خالصة ونموذجية . وهي ترتدي اشكالاً عيادية متنوعة ، ذات علاقة بالتفاعلات المهمة بين مختلف العناصر بحسب المزاج وبحسب الظروف . واحياناً يكون تزايد العمل الوظيفي لعنصر من هذه العناصر سبباً في الخلل . وفي كل الأمراض تقريباً يجب التمييز بين اشكال الهواء والصفراء والبلغم وتناغم الثلاثة .

وعلم تصنيف الأمراض غني جداً وهو يصنف الأمراض مرة سنداً للعنصر العضوي المسبب الرئيسي (مثلاً فاتا فيادهي vâtavyâdhi ، أو أمراض الريح ، وتشمل الاضطرابات الحركية والاختلاجات والتقبضات والشلل) ومرة سنداً للمكان (امراض الجلد والرأس والعينين الخ . .) . وهذا العلم غني عند سوشروتا Suçruta الذي يعطي مكاناً اكبر لتفاصيل الأمراض الموضعية أو الجراحية . اما « كاراكا » فيعالج في قسم مسببات الأمراض (نيدانا nidâna = أو مناسبات حدوث المرض) فيعالج فقط الحميات (جفارا jvara) ، والأمراض النزيفية (راكتابيتا raktapitta = دم وصفراء) ثم الأورام الداخلية ، والإصابات البولية وامراض الجلد والهزال والاضطرابات النفسانية والصرع أو داء النقطة . في حين ان سوشروتا ، في القسم المقابل والذي يعالج غالبية هذه الأمراض، يضيف اليها عدداً من الأوجاع الموضعية مثل البواسير والناسور المخرجي والحمرة أو التهاب الجلد وكذلك التقيحات وامراض الفم الخ .

هذا الاستطباب له ما يوازيه تماماً في الطب الاغريقي فكتاب الأرياح في المجموعة الهيبوقراطية يُعطي تفسيراً عاماً للكون وللأمراض ، يتوافق مع التفسير الوارد في تراث « اتريا » ، ويرتكز على النظريات القديمة الفيدية حول الأرياح والانسام العضوية . وهذا الاستطباب ، مثل الطب الاغريقي العلمي ، يقدم تفسيرات عقلانية حول الصرع والكزاز والاضطرابات الارتجاجية من مختلف الأنماط .

وهذه التفسيرات تتعارض مع التأويل الشعبي للمس أو الاستحواذ .

فضلاً عن ذلك هناك نظرية عامة حول الأمراض قدمها « افلاطون » في كتابه تيمي Timée ، وهي تتوافق تماماً مع نظرية تريدوشا tridosha ، إذ تعترف بنفس العناصر الثلاثة : التنفسية والنارية والرطوبية ، والمتمثلة ايضاً بالنَفَسْ والصفراء والبلغم . والكثير من التفصيلات تبدو متشابهة . فليس تصور افلاطون للصفراء ، في مبدأها الأساسي متوافقاً مع التصور الذي كان سائداً في العصر الفيدي ، بل ان هذا التصور يتوافق ايضاً حول نقاط ثانوية مستقلة عن الملاحظة الواقعية ، مع العقيدة الهندية الكلاسيكية . ودخول الصفراء الى الدم يُفَسرُ ، بالنسبة الى افلاطون كما بالنسبة الى الأطباء الهنود ، نفس انواع الأمراض النزيفية ـ الصفراوية . والحميات المتقطعة التي عددها افلاطون كانت معروفة في الطب الهندي بُعيد حقبة « آثار فافيدا » ، ولكنها مبنية على ملاحظة واقعية وسطحية . اما افلاطون فيفسرها بشكل آخر . وتفسيراته تختلف عن تفسيرات الأطباء الهنود في حالات اخرى رغم انها بنيت على مبادىء مشتركة ، وعلى مفاهيم للملاحظة متساوية : انهما مدرستان طبيتان قد عملتا بشكل متوازٍ .

والنصوص الكلاسيكية في المدرسة الهندية هي اكثر حداثة من « التيمي » . ولكن عناصر معروضات هذه النصوص تبدو اقدم من التيمي . ولا يمكن بالتالي الظن ان الهند اخذت عن العالم الهليني ، كما حصل في مجالات اخرى . وبالمقابل يمكن القول بوجود تأثير هندي في مجموعة « هيبوقراط » وفي عقيدة تيمي ، وهذه العقيدة لا مراجع لها وهي تبدو اكثر بعداً عن العقائد الاغريقية الأخرى ، مما هي عليه بالنسبة الى النظرية الهندية السائدة . وشيوع الأفكار الهندية في بعض الأوساط الطبية الاغريقية ايام المجموعة الهيبوقراطية وايام افلاطون ظاهر في كتاب « امراض النساء » ، حيث يوجد ذكر لدواء هندي هو الفلفل ، وكذلك وصفة طبية هندية . وانتقال الأفكار الهندية كان سهلاً عبر الامبراطورية الفارسية التي كانت تحكم البلاد الهندية والبلاد الاغريقية ، عن طريق الاتصالات التجارية التي كان طريقها معروفاً من قبل سترابون Strabon وبلين Pline وقد كان من المقبول بعد زمن « ارسطو » ، وحتى قبل حملة الاسكندر ان يكون مثقفون هنود قد جاؤ وا الى اليونان . وهناك تلميذ لارسطو هو « ارسطو ـ كزين دي تارانت » ، قد قصّ حكاية مفادها ان حكيماً هندياً ، ـ عُزيت اليه احاديث مقبولة جداً في منظور الفكر الهندي ـ قد زار سقراط في اثينا . هذه الحكاية صحيحة أو كاذبة تبدو ممكنة في زمن وفي وسط ثبتت فيه امكانية الاتصال بين الهند واليونان .

والتوافق بين الطب الهندي والطب الاغريقي يفسر ، بالاتصالات المباشرة او غير المباشرة ، الواقعية وبالبحوث المدرسية التي توافقت فيها وجهات النظر والتي اصبحت اعمالها متوازية بعد ان تلاقت في لحظة من اللحظات .

الأساليب الطبية : قلّما قبل الطب الهندي ، وهو يبحث ، عن طريق العقل في الظاهرات الطبيعية ، وفي تنمية منطق صحة التشخيص ووصف الدواء ، إلا نادراً بالأحداث الخارقة ، وذلك في اقسام من النصوص ادخلت في الكتب المتداولة ، دون ان يكون لها رابط عضوي بالشروحات

العقلانية . والنصوص الكلاسيكية تحتوي ، ـ عدا عن بعض الاشارات المتعلقة بتفسير بعض الاضطرابات بالمساس او الاستحواذ ـ على عناصر وصفية للأمراض غير مرتكزة على المفاهيم الامراضية والمعطيات العيادية ، وتدخل في ميدان التنبؤ والطوالع وتفسير الأحلام . وهذه التعليمات لم تختلط بالمعلومات المبنية على تفسيرات عقلانية . بل جمعت في فصول خاصة ، وقربها من المعلومات المذكورة في كتاب اكادي حفظ حتى الحقبة الفارسية ، يسمح بالاعتقاد بان هذه المعلومات نتجت عن تأثير ميزوبوتامي تلقاه الطب الهندي في أزمنة السيطرة الفارسية على حوض نهر « الهندوس » .

واسلوب التشخيص يتضمن ذكراً للدلائل ولظروف ظهورها من اجل اكتشاف نشأتها وعملية نشوء المرض . والمهم هو تحديد ما هي العناصر ، في الوظيفة الحيوية ، المقبولة في النظرية . وعن طريقها يتحدد ، وبحسب التجربة المسجلة ، السلوكُ الواجب اتباعه من اجل تضبيط مسار الوظائف العُضوية ، ووصف المعالجة الواجبة . وتحاول مناهج الفحص ان تكون كاملة ما امكن . ومعرفة الجسد ظلت مع ذلك بدائية ومملوءة بالأخطاء الخطيرة ، كما هو الحال في كل مكان في الطب القديم حيث التشريح والفيزيولوجيا ظلا متأخرين عن الفحص العيادي . وهناك اسلوب في التشريح ، يقوم على فصل الأعضاء على اثر بداية التفكك في الماء ، قد وصفه « سوشروتا » . هذا الأسلوب يتميز بخصائص مطلوبة في اسلوب « الاستئصال بالماء Hydrotomie » ، الذي ابتكره في القرن التاسع عشر لاكوشي Lacauchie ، إلا انه لا يمكن ان يستخدم كمنهج اعتيادي في التقصّي التشريحي . إلا ان الاهتمامات المنهجية قد سارت شوطاً بعيداً إلى الأمام ، وظهرت الحاجة الى نقد صلاحية الاستدلالات وتفسيرات العلوم الموروثة وقيمة المقارنة بصورة باكرة . وظهر المنطق عند « كاراكا » بصورة خاصة كأساس عام لنقد الأحكام العيادية . واعتبرت صلاحية التحليلات العقلية والمعتقدات والاهتمام بالتطور المقابل للمنطق سمات تميزت بها الثقافة الهندية في بدايات العصر المسيحي .

علم المداواة : ان الممارسة الطبية قد استفادت ليس فقط من التعليم النظري بل ايضاً من ذخيرة استطبابية ضخمة ، ومن مبادىء في الصحة شديدة التفصيل . هذه المبادىء الصحية ارتبطت بنظريات فيزيولوجية مرضية مقبولة كما ارتبطت بتجربة حوادث ملحوظة . وقد تكونت الذخيرة الاستشفائية بصورة رئيسية بفضل تجربة مفاعيل الأدوية ، وهي مفاعيل فُسّرت بصورة عرضية تبعاً للنظريات القائمة .

وكانت المادة الطبية نباتية بصورة خاصة . وقد بدأت الطبابة الكيميائية تتطور في القرون الأولى من العصر المسيحي ، دون ان تدخل في النصوص الطبية الكلاسيكية .

وكانت الاشكال الصيدلانية التي تستخدم النباتات متنوعة جداً ، من المنقوعات الى المسحوقات الى المعجونات العسلية ، الى المراهم ، الى الغُسل الى الرياحين ، وكلها قليلة الاستعمال في الطب الغربي . وتجب الاشارة الخاصة الى الزيوت التايلة ، اي الى المركبات ذات الأساس الزيتي كالسمسم وغيره من الزيوت المستعملة كمساعدة وفيها تدمج المساحيق والمعجونات .

اما المداواة الجراحية فكانت تستعمل العديد من الأدوات والمعدات . ففي فن القبالة كان الطب

يستعمل التشريح الجنيني على جنين ميت . اما في الجراحة المثانية فعملية البحصة كانت معروفة . وفي طب العيون كان معروفاً خفض التكثف في عدسة العين . وقد جرت محاولات لتقطيب الثقوب والجروح الجوفية . وكان اسلوب تقطيب الأمعاء الموصوف غريباً ، ولكنه يدل على البحث المصمم عن وسيلة لتسكير جروح الأمعاء بغير الخياطة العادية غير المحمولة .

ويقوم الأسلوب على التقريب بين شفتي الجرح ثم وضعها امام عضات نملات كبيرة ، وعندها يقطع جسم النملات وتبقى رؤوسها كمشابك تتقبلها فيما بعد البطن المقطوبة بالالتحام العادي . وهذا الأسلوب ، الذي اخذه العرب ، اوحى اخيراً بالتقنيات العصرية . ولكنه كان قديماً عديم الفائدة ، وكان قد انتقل الى الطب الشعبي وما يزال حياً حتى ايامنا وخاصة على شواطىء الصومال ، وهو قد يعطي بعض النتائج إذا لم يقترن بالالتهابات .

الكتب الكلاسيكية الثانوية : انتج العصر الكلاسيكي منذ القرون الأولى للعصر المسيحي وحتى القرن الثامن ، في الهند عدداً كبيراً من الكتب التي تميزت عن الكتب التراثية المنسوبة الى « اتريا » و « دهان فنتاري » ، والمتمثلة على التوالي بـ« الكاراكا » وبهيلاسمحيتا Carka - Bhela - Samhitâ بالنسبة الى تراث اتريا ، والمتمثلة « بسوشروتا سمحيتا » suçrutasamhitâ بالنسبة الى تراث « دهان فنتاري » Dhanvantari . واشهر هذه الكتب هما يوغاساتاكا Yogaçataka وآمر تهاردايا Amrtahrdaya .

ويشكل « يوغاساتاكا » مختصراً في الطب فيه مئة مقطوعة . وكانت شعبيته وانتشاره كبيرين . وقد ترجم في آسيا الوسطى الى اللغة الكوتشية في القرن السابع أو الثامن ، وترجم فيما بعد الى التيبتية tibétain . وقد ظل مستعملاً حتى ايامنا في سيلان . وربما كان هو المقصود ، دون ان يسمى ، بما ذكره الحاج الصيني يي سينغ Yi - tsing في القرن السابع الذي قدم وصفاً ينطبق عليه لكتاب صغير بدا يومئذٍ حديثاً . وهذا الكتاب منسوب في التراث الى الأب البوذي ناغار جونا Nâgârjuna من القرن الثاني . ولكن هذه النسبة غير مؤكدة ، إذ أن بعض المخطوطات عن المؤلف تعرضه وكأنه من صنع مؤلف آخر هو فارا روسي Vararuci .

وقد ورد اسم « ناكارجونا » Nagârjuna في التراث على انه لمؤلفٍ خيميائي Alchimiste ذكره العالم العربي البيروني Al - Bîrünî في القرن الحادي عشر ، وكأنه قد سبقه بمئة سنة فقط . ولكن الحاج الصيني هيان تسانك Hiuan - tsang ، في القرن السابع ، يجعل من « ناكارجونا » خيميائياً يتماهى بدون تردد مع الأب البوذي من القرن الثاني . وربما كان هناك على الأقل مؤلفان يحملان نفس الاسم . ويعود كتاب « بوكا ساتاكا » في كل حال الى « آيورفيدا » الكلاسيكية لا إلى الخيمياء . ومهما يكن من امرٍ فالمعارف الخيميائية والطبية ، وان كانتا مجالين مختلفين ، تعزى عادة الى الأب البوذي ، سنداً لتقاليد شتى . وهناك كتاب « رازاراتناكارا » Rasaratnâkâra ، وهو معالجة خيميائية للزئبق (رازا) ومشتقاته ، تعزى الى « ناكار جونا » Nâgârjuna وان كان من الأرجح انه يعزى اما الى « ناكار جونا » الذي اشار اليه البيروني او الى مؤلفٍ آخرَ احدث منه . وعلى كل بدت الخيمياء الهندية

منذ القرن السابع ثابتة الوجود ، خلال القرون السابقة . وهي رغم بقائها منفصلة عن التراث الطبي ، إلا انها اعدت الطريق امام طب جديد بفضل العقاقير المعدنية التي دخلت اخيراً في الطب « الآيورفيدي » المتأخر .

ويعتبر كتاب « امر طهر دايا » Amrtahrdaya « روح الرحيق = روح الأحياء » كتاباً طبياً جامعاً مؤلفاً من اربعة اقسام . ولكن نصه السنسكريتي قد ضاع مع الأسف ، ولكن ترجمته التيبتية ما تزال محفوظة . وهو يعزى حقاً الى نهاية الحقبة الكلاسيكية ويتضمن بقية من التجديدات مثل اسلوب التشخيص عن طريق فحص النبض (« نادي باري كشا » Nâdiparîkshâ) وهو اسلوب لم يكن معروفاً في الكتب السابقة ، وقد شاع كثيراً فيما بعد . وبسبب تقسيمه الى اربعة كتب ، عرف هذا المؤلف باللغة التيبتية باسم رجيود بزي Rgyud - bzi أو الكتب الأربعة (تانترا) tantra ويعزى الى احد البوذات كتاب « بهايشا جيا غورو » Bhaishajyaguru . أو « سيد الأدوية » . وهو معروض بشكل وبمضمون شبيه بشكل ومضمون الكتب الكلاسيكية الكبرى ، وهو يذكر عدداً كبيراً من المراجع التي تذكرها هذه الكتب الكلاسيكية . وترجم الكتاب من التيبتية الى المنغولية ، وظل كلاسيكياً الى حقبة قريبة في العالم التيبتي المنغولي حيث اخذت عنه كتب اخرى هندية عن طريق الترجمة .

فاغبهاتا Vâgbhata : في نهاية الحقبة الكلاسيكية ظهر المؤلف الطبيبُ « فاك بهاتا » . وعزيت اليه ثلاثة كتب : « اشتان غاسان غراها » Ashtângasamgraha ، و « اشتان كهر دايا سامحيتا » Ashtângahrdayasamhitâ، وهما يؤلفان في الواقع مراجعتين مختلفتين لنفس الكتاب الطبي الذي يتوافق عادة مع « سوكروتا » Suçruta ومع « كاراكا سمحيتا » Carakasamhitâ ويضاف اليها كتاب خيميائي هو « رازاتنا ساموكايا » Rasaratnasamuccaya . وظل كتاب « اشتان ـ كهر ـ دايا ـ سمحيتا » Ashtângahrdaya samhita الكتاب الأكثر تداولاً للمؤلف « فاك بهاتا » وبفضله عد هذا الكاتب بين الكتاب الكلاسيكيين الى جانب « سوكروتا » (Suçruta) و « كاراكا » (Caraka) .
وقد ترجم هذا الكتاب الى اللغة التيبتية .

الطب البيطري : كان الطب البيطري موضوع معالجات عديدة تعود في معظمها الى الحقبة بعد الكلاسيكية . ولكن تراثها قديم . ويقسم الطب البيطري الى طب الخيول والى طب الفيلة . والطبان يعالجان بكتب منفصلة ، ويعزى طب الخيول الى المعلمين الفيديين الأوائل وحتى الى الأسطوريين . اما طب الفيلة فيعزى كذلك الى الأوائل ولكن وجوده الفعلي كفن تخصصي ، قد ظهر بعد نهاية القرن الرابع قبل المسيح ، بفعل الشهادات الاغريقية الصادرة عن ميكاستين Mégasthène . وتدل الملاحظات المنسوبة الى هذا الشاهد وهو سفير السلوقيين لدى « كندرا غوبتا » Candragupta على وجود تقنيات علاجية على الفيلة . وهذه التقنيات وجدت موضحة في كتب خاصة متأخرة أو متأخرة نسبياً مثل كتاب « هاستيا بور فيدا » لبلاكا بياموني Hastyâyurveda de Pâlakâpyamuni . وكان المرجع الأساسي في الطب وفي تربية الخيول هو « كاليهوترا » Çâlihotra .

المراجع

مجمل العلوم الهندية

L. Renou et J. Filliozat, *L'Inde classique. Manuel des études indiennes*, t. II, Paris, 1954, pp. 138-194 et 720-738.

Astronomie et mathématiques

G. Thibaut, *Astronomie, Astrologie und Mathematik*, Grundriss der Indo-arischen Philologie, 1899.

B. Datta and A. N. Singh, *History of Hindu mathematics*, Lahore, 1935-38 : t. I, *Numeral notations and arithmetic* ; t. II, *Algebra*.

H. T. Colebrooke, *Algebra with arithmetic and mensuration from the sanscrit of Brahmagupta and Bhaskara*, London, 1817.

Çulvasûtra, éd., trad. G. Thibaut, dans *The Pandit*, 1875-77 (Baudhâyana) ; A. Bürk dans *Zeitschrift der Deutschen Morgenländischen Gesellschaft*, 1902.

G. R. Kaye, Bakhshali manuscript, *Archaeological Survey of India*, XLIII, Calcutta, 1927-33.

G. R. Kaye, Hindu astronomy, *Memoirs of the Arch. Survey of India*, n° 18, Calcutta, 1924.

Jyotishavedânga : A. Weber. Ueber den Veda-Kalendar namens Jyotisham, *Abhandlungen Akad. Berlin*, 1862 ; Lala Chhote Lal, Allahabad 1907 ; R. Shamashastri, Mysore, 1936.

Pancasiddhântikâ : G. Thibaut and Sudhakara Dvivedi, Bénarès, 1889, rééd. Lahore, 1930.

Sûryasiddhânta : trad. Sudhakara Dvivedi, Calcutta, 1909, rééd. 1925 ; E. Burgess and W. D. Whitney, *Journal of American Oriental Society*, 1860, rééd. Ph. Ganguly, Calcutta, 1935.

Âryabhaṭa : W. E. Clark, *The Âryabhaṭîya of Âryabhaṭa*, Chicago, 1930.

Brhatsamhitâ : trad. H. Kern, *Journal Royal Asiatic Society*, 1870-75.

Brahmagupta : *Khandakhâdyaka* : trad. P. C. Sengupta, Calcutta, 1934.

الطب

J. Jolly, *Medizin*, Grundriss der Indo-arischen Philologie, 1901 ; trad. angl. Kashikar, Poona, 1951.

J. Filliozat, *La doctrine classique de la médecine indienne, ses origines et ses parallèles grecs*, Paris, 1949 ; Pronostics médicaux akkadiens, grecs et indiens, *Journal asiatique*, 1952 ; trad. anglaise, Delhi, 1964.

Suçruta : trad. angl. K. L. Bhishagratna, Calcutta, 1916-19.

Caraka : éd. trad. *Shree Gulabkunverba Ayurvedic Society*, Jamnagar, 1949, 6 vol.

P. Ray, H. N. Gupta, Carakasamhitâ, *A. Scientific Synopsis*, New Delhi, 1965.

Vâgbhaṭa : trad. allem. L. Hilgenberg und W. Kirfel, Leiden, 1941.

الفصل الخامس

العلم الصيني القديم

الاطار التاريخي : يتألف المسرح حيث تمت بداية التاريخ الصيني ، بصورة اساسية ، من حوض نهر كبير هو هونغ هو Houang Hou أو النهر الأصفر . ينبع هذا النهر من وسط آسيا وينحدر في الهضاب راسماً منعطفاً كبيراً بين المناطق الجبلية المغطاة بارض صفراء خصبة جلبتها الرياح . وينتهي النهر الى سهل فسيح ناتج عن التراكمات والرسوبات ، سهل يمتد نحو البحر حتى ارخبيل جبلي يسمى الشرق الجبلي : شان تونغ Chan - Tong . والى الجنوب هناك نهر آخر كبير « يانغ تسي » Yang - Tsé أو النهر الأزرق ، ويروي منطقة جبلية ايضاً مع سهول بداخلها واهمها هو سهل « الأنهر الأربعة » (سي تشون Sseu - tchouen) .

ويتيح مناخ الرياح الموسمية نمو الغابات . ولكن قطع الأشجار منذ العصر الحجري الجديد ، قد قضى عليها تقريباً . وبالفعل ، ومنذ الألف الثالث قبل عصرنا قامت حضارة زراعية حجرية جديدة فوق هضاب النهر الأصفر مع وجود خزفيات مدهونة دالة على حضارات مماثلة في آسيا الداخلية . وليس من المخاطرة القول ان الصينيين ، حين وصلوا الى السهل كانوا يربون المواشي . وعن طريق لغتهم انتموا الى شعوب جبال آسيا الوسطى ويعتبر اهل التيبت ممثليهم الأكثر قرباً من الغرب فيما يعتبر البرمانيون الأكثر قرباً من اهل الجنوب . واهمية رمز الحمل في كتابتهم تثبت ذلك ايضاً ولكن سرعان ما تركزت الزراعة على الانتاج النباتي ، واقتصرت تربية المواشي على الخنزير والكلب وابقار الجر « دون الطعام » . وذلك ان المناخ الموسمي يساعد الزراعة على حساب تربية المواشي واهمية الانتاج النباتي حدث اساسي لفهم الفكر الصيني .

وبالعكس ساعدت الوديان والأحواض الداخلية في الهضبة العليا الآسيوية الجافة جداً بالنسبة الى قيام الغابات على تربية المواشي لدى الجيران الشماليين والغربيين بالنسبة الى الصينيين . وبعكس ما كان عليه حال الهند وميزوبوتاميا ومصر كانت الصين السهل الوحيد الخصب الذي يحد من تربية المواشي ، والذي احتفظ عبر آلاف السنين بلغته وحضارته كاملة غير منقوصة رغم هجمات الرعاة المجاورين .

الى هذه الحقب السابقة على التاريخ تعود التقاليد الصينية [لتدور] حول الأباطرة الاسطوريين ، وحول البطل باعث الحضارة وحول السلالة الملكية الأولى .

والمستندات الأولى الحفرية المعروفة هي تسجيلات على عظام وجدت في احدى العواصم « انغان بانغ » Ngan - yang ، من السلالة الملكية الثانية شانغ ين Chang - yin التي كانت تقيم في السهل قرب النهر الأصفر . وفي القرن الرابع عشر قبل عصرنا كانت الكتابة الصينية قد اخترعت . وتدلنا التواريخ والأحداث النجومية ، المدونة على يد العرافين الملكيين ، على دولة منظمة وعلى حكومة تحاول ان تتفادى الحروب والمجاعات والفياضانات بواسطة وسائل تنبؤية . في هذه الحقبة تدل اواني البرونز على دخول المعدن وبلوغه احدى ذرى الفن الصيني .

وفي التاريخ التقليدي لسنة 1122 قبل العصر المسيحي استولى رئيس امارة تشو Tcheou الواقعة في اعالي النهر الأصفر ، على عاصمة ين Yin واسس الأسرة الملكية الثالثة . وبعد عدة قرون ادى ادخال التقنيات الجديدة (تعدين الحديد ، الزراعة بواسطة آلة الحراثة) وانتشار الحضارة الصينية حتى وادي النهر الأزرق ، ادى كل ذلك الى تجزئة الدولة الصينية . وقام العديد من الأمراء ينصبون أنفسهم ملوكاً . والدول الكبرى في تلك الحقبة والتي لعبت دوراً تاريخياً مهماً هي ، من جهة ، امارة تسي Ts'i (دزيي) Dziei[1] في شبه الجزيرة البحرية شانغتون Chan - Tong وامارات تسن Tsin (تساين) (Tsi àen') في اعالي النهر الأصفر ، وخاصة امارة « تساين » Ts'in (دزين = Dzien) في أقصى الغرب وهذه الحقبة سميت حقبة الممالك المحاربة (من القرن الثامن الى القرن الثالث قبل المسيح) .

وادت الحروب والاضطرابات الاجتماعية في تلك الحقبة الى تكوين مدارس سياسية من الحكماء والعلماء الذين يفتشون عن حل بواسطة الحكم الصالح من اجل السلام الشامل . ونميزُ بين مجموعتين من المدارس السياسية . المدارس التدخلية ، وترتكز على الأفكار المنبثقة عن تربية المواشي وعن الإبحار ، وبموجبها يجب التدخل بقوة وبارادة للوصول الى النتيجة المطلوبة . ومن هذه المدارس المهمة من ناحية تاريخ العلوم ، هي مدرسة موتي Moti التي اعتقدت بانها تحقق السلام الشامل بواسطة الدعاية لمحبة القريب وبواسطة التنظيم العسكري لخدمة الأمن الاجتماعي . وهناك مدرسة اخرى مهمة هي المسماة مدرسة القانونيين الذين لا يرون السلام الا على طريقة الرومان اي بواسطة الفتح العسكري ، والاتحاد في ظل حكومة واحدة تنشر قوانينها بالقوة .

---

(1) جرت كتابة الأسماء الصينية سنداً للنظام الفرنسي المستعمل في مجلدات « التاريخ العام للحضارات » ، ولكن وجدنا من المفيد كتابة التلفظ الوسيطي ، الذي توصل اليها المتخصصون في الشؤون الصينية بين هلالين . لأن كلمات كثيرة متشابهة أو تبدو متشابهة في الكتابة الآن ، كانت مختلفة سابقاً . فاشارة « الفاصلة قبل الكلمة وبعدها تدل على اللهجات القديمة الصاعدة أو النازلة (واذا وضعت الفاصلة بين حرف صوتي وحرف مد فهي تدل على الاشباع) .

اما المدارس الاخرى فَتُسْتَلْهَمُ بصورة اولى من زراعة النباتات . وهي ترى ان التدخل مضر . واهم هذه المدارس هي مدرسة كونغ كيو K'ong K'ieou ، المشهورة بالاسم اللاتيني لكونفوشيوش Confucius . وبالنسبة الى هذا الأخير تبدو الارادة عاجزة بدون المعرفة . والمهم معرفة الانسانِ ، الانسانِ في المجتمع . وهو يجعل من المجتمع الأبوي مجتمعاً مثالياً في العصر البرونزي . ويضع كفضيلة اساسية طقوس التهذيب (لي) li والعدالة والانصاف في التوزيع (ي) yi أو ngiê' وهذه الكلمة ترمز في رسمها الى الخروف ، والى عيد الهدايا الخروفية بين النبلاء ، ولكنها اليوم تعني المعاملة بالمثل في العلاقات الاجتماعية . وهي ترفض الانانية (سي) (sseu = si) ، وحب المصلحة الذاتية (لي) (li' = li) . وهما تكتبان بشكل رمز الحبوب ، لأن الفلاحين الذين ينتجون الحبوب لا يريدون ، بدون شك ، تسليمها عن طيبة قلب الى النبلاء . ولكن هذه الأدبيات ، النبيلة في نشأتها ، كانت تتلاءم مع رؤية عالم الزراعة . وكان اشهر تلاميذ كونفوشيوش ، واسمه مينغ تسي Mêng Tse ، أو منسيوس Mencius يشبه غالباً الانسان بالنباتات : ان نحن شذبنا النباتات لكي نعجل في انمائها قضينا عليها .

ويرى منسيوس ان الحكومة مسؤولة عن الاضطرابات الاجتماعية كما الفلاح مسؤول عن حالة حقله . ويمكن القول ان فن الحكم يعتبر علماً ، وانه يمكن بالتالي اعتبار مدرسة كونفوشيوش بدايات علم الاجتماع . وهناك مدرسة اخرى تعتبر الانسان منفرداً . وهي مدرسة « الطاوية » Taoïstes أي اولئك الذين يريدون ان يدرسوا من كل شيء « الطاو » tao - ('dau) أي طريقه واسلوبه . ويرى هؤلاء انه يجب البحث عن الأسلوب الذي يطيل العمر ، بل البحث عن الخلود ، وذلك بعد العثور على سر الانسان « طاو » tao ، أي اسلوب حياته كنوع طبيعي ، قبل ان يتأثر بالمجتمع . ويتوجب بالتالي البحث عن سر الطبيعة الذي انسانا اياه المجتمع . ويرى الطاويون ان المثال قائم في الجماعات البدائية قبل اي تملك خاص وقبل اية هيكلية اجتماعية تنظيمية . وعملت بحوثهم على تحسين التقنيات ، ولكن وصفاتهم كانت وصفات شخصية ، ومهارات يدوية وليست معارف تبعث على التقدم الميكانيكي الذي يجعل التنظيم الاجتماعي ضروباً . ورغم كل شيء ، نرى ان الطاويين كانوا من الاوائل في علم البيولوجيا (الإحياء) : (علم النفس وعلم الطبيعة) . وكان تصورهم للعالم خالياً من كل تجاوز أو سمو ، ومن كل معتقد بان الانسان هو محور الكون . ورد مثلاً في أحد كتبهم (لي تسو) Lie tseu ان اموال هذه الأرض لم تعطها السماء للانسان ، وان الانسان لم يُعْطَ لا للقملة ولا للنمر .

هذه المدارس المختلفة (ويسميها الصينيون عائلات (كيا) « Kia = (Ka) ») ، لم تكن منظمة بشكل رسمي . في سنة 318 ق.م. اسس ملك « تسي » Ts'i الكلية الأكثر شهرة والتي كانت تضم الطاويين والكونفوشيوشيين وكذلك تلاميذ موتي Moti . ولكن افكار المشرعين نمت وازدهرت بشكل خاص في الدول الغربية . وادى استيلاء ملك تسين Ts'in « دزايين » Dziën على كل الدول الصينية الى انتصار مدرسة الحقوقيين . واعلن هذا الملك نفسه الامبراطور الأول في سنة 221 قبل عصرنا . وهكذا اسس الامبراطورية الصينية ، ومن هنا جاءت كلمة الصين Chine . وزالت مدرسة موتي

Moti بعد ان زال سبب وجودها . ولكن نجاح الحقوقيين كان قصيراً فقد عملت اساليبهم الخشنة ، ومن امثالها الأكثر شهرة اتلاف كتب الشعر والتاريخ وعلم الاجتماع ، الأمر الذي جعلهم غير شعبيين . وبعد مرور ثلاث سنوات على وفاة مؤسس الامبراطورية ، في سنة 206 قبل عصرنا ، قام رئيس عصابة بتأسيس سلالة ملكية جديدة هي سلالة « هان » Han التي تخلت عن الحقوقيين واعتمدت على الكونفوشيين . وفي الصين لم يسمح تفوق الانتاج الزراعي وغياب التجارة البحرية ، وانعدام الشعوب المجاورة ذات الحضارة المشابهة ، بقيام انتاج تجاري أو بترسخ الرق كما هو الحال في الغرب . وارتدى تطور المفاهيم الاجتماعية نهجاً آخر وانتصرت المدارس الكونفوشية والطاوية . وفي حقبة ازدهارها كانت المدرسة الكونفوشية محترمة ، اما في فترات الاضطرابات والمجاعات ، فقد انتصرت المدارس الطاوية . وبعد سنة 141 طردت حكومة « هان » Han الموظفين من انصار الحقوقيين وتأسست مدرسة رسمية في العاصمة في سنة 124 قبل عصرنا من اجل تعليم العلوم الكونفوشية التقليدية للموظفين المستقبليين .

وبالمقابل ، قرَّب الأباطرة ، الأكثر شهرة في هذه السلالة، الطاويين لكي يتعلموا منهم اسرارهم وخاصة سر الخلود . وبعد الاستيلاء على آسيا الوسطى وعلى فيتنام ، حصل فراغ قصير بالنسبة الى العائلة المالكة وذلك بين السنة التاسعة والسنة الثالثة والعشرين من عصرنا وذلك عندما اعلن احد الوزراء « وانغ مانغ » Wang Mang نفسه امبراطوراً . وجرى تأميم المشاريع الصناعية المهمة مثل صناعة الملح والحديد . واراد « وانغ مانغ » Wang Mang ان يشجع بشكل خاص الزراعة وان يقوي خزينة الدولة وذلك بالاستيلاء على تجارة الحبوب وبتحرير العبيد وتوزيع الأراضي بشكل اكثر عدالة . ولكن الفيضانات في النهر الأصفر اشاعت الفوضى والعصيان : وأدَّى عصيان الطاويين الحمر ، [نسبة الى النهر الأحمر] ، الى زوال ملكه .

كانت الصين في ايام هان Han دائماً الدولة الآسيوية الأكثر ازدهاراً والأكثر تقدماً . ولكن في سنة 184 ادت ثورة الفلاحين الجديدة ، وعصيان الطاويين من ذوي العمائم الصفراء ، الى تحطيم وحدة الامبراطورية ، وبين 220 و 280 كان عصر الممالك الثلاث اي عصر الحروب بين ثلاث عائلات مالكة ، الأمر الذي قلل عدد السكان ولكن هذه الحقبة اقترنت بتقدم تقني : اختراع الكرَّاجة ، وانتشار الورق . واخيراً توحدت الامبراطورية بواسطة العائلة تسن Tsin (Tsin') . ولكن ضغط البربر من الشمال ، الذين يشبهون قبائل الهن Huns بالنسبة الى اوروبا ، كان كبيراً فسقطت العاصمة ، عاصمة الامبراطورية في سنة 311 و 317 من عصرنا . وهذا شكل نهاية الحقبة القديمة . بعد هذا الاستعراض السريع لتاريخ الصين الطويل ، نباشر الآن بذكر اهم انجازاتها في المجال العلمي .

I ـ الرياضيات

الأعداد : تمتلك اللغة الصينية كلمات من مقطع واحد للدلالة على الأعداد العشرة الأولى وعلى المضاعفات العشرية الأولى : 100, 1000, 10.000 . هذه الأسماء الأعدادية ، موجودة ، من جهة في اللغات التيبتية البيرمانية tibéto - birmanes . وهي لغات من نفس عائلة اللغة الصينية كما هي موجودة من جهة اخرى في لغات « تي » Thai التي ربما اعارتها للأولى ، لأن لغات مياو Miao لها تسميات اخرى ولا تستعمل الأسماء الصينية إلّا للترقيم . هذه الوقائع تدل على ما يبدو ان الصينيين عرفوا استعمال الأعداد في عصور ما قبل التاريخ .

ومنذ الكتابات الأولى على العظام ، الى القرن الثالث عشر قبل عصرنا كانت الأرقام تكتب وتلفظ كما هي الآن في اللغة الصينية الحديثة . مثلاً 547 يوماً تكتب خمسماية ، اربع عشرات وسبعة شموس . وهذا يدل على ان الأرقام والتعبير عنها كان تحليلياً وعشرياً منذ البداية .

وبالنسبة الى التعداد ، وعندما يقتضي الأمر المقارنة بين مجموعتين كان الصينيون يضعونها وجهاً لوجه ، مجموعة عليا ومجموعة دنيا . فإذا تجاوز العد ذلك استعملوا سلسلة من الكلمات « عشر كلمات » هي الجذوع السماوية العشرة (صورة رقم (19) . وهذه السلسلة تستعمل ايضاً في علم الفلك وتدمج بسلسلة اخرى تعدادية مؤلفة من اثنتي عشرة كلمة : الفروع الأرضية الاثني عشر ، وذلك لتشكيل تركيبة سلسلة من ستين .

ومن جهة اخرى ورغم وجود رسمات أو رموز للدلالة على الأعداد العشْرة الأولى ، ظهر في الصين القديمة ارقام حقيقية بشكل عصوات ، وهي منبثقة عن اساليب يدوية في العدّ سنتكلم عنها .

الحساب : ان الدور الذي لعبته الحصوات الصغيرة في العد عند الأوروبيين كان معروفاً في الصين بواسطة اعواد صغيرة . وكانت هذه الأعواد تستخدم لكتابة عدد ، وذلك بوضعها على مسطرة مرقمة او على مربع . والتحليل العشري للعدد ، كان كما رأينا يعطى بالاعلان عنه في الصينية . ولم يبق إلّا وضع عدد الأعواد المطابقة للوحدات في عامود اليمين ، والعدد المطابق للعشرات ، على نفس الارتفاع في العامود الموجود مباشرة الى اليسار ، اما العدد الموافق للمئات فيوضع في العامود الأيسر التالي الخ . وهكذا يتجمع فوق الطاولة عدد يُصَورُ بترقيم للموقع مماثل للموقع الذي نستعمله اليوم . ولتجنب الأغلاط كانت العيدان توجه عامودياً في الأعمدة ذات الترتيب المفرد ، مع الابتداء بعامود الوحدات أو الآحاد . وكانت العيدان توجه افقياً في الأعمدة ذات الترتيب الفردي (غير المزدوج) . وهكذا يتكوّن نوعان من الأرقام : نوع للوحدات وللمضروبات المزدوجة بعشرة مثل المئات وعشرات الألوف ، ونوع آخر موجه بشكل مختلف بالنسبة إلى التضعيفات الفردية (غير المزدوجة) للعشرة مثل : العشرات والألوف . الخ . . وقد وصلت الينا ، وفي القرن الثالث فقط . من عصرنا تفصيلات حول هذا النوع من الترقيم . ولكن الأرقام كانت تُقرأ على التدوينات البرونزية . والنقود عرفت قبل عدة قرون من عصرنا .

وكانت عمليات الجمع والطرح تتم مباشرة بكتابة الأعداد بواسطة الأعواد على اللوح . وكان يكفي فيما بعد ، للحصول على نتيجة العملية ، جمعُ او طرحُ الأعواد عاموداً عاموداً .

وبالنسبة الى الضرب كان العدد الذي يجب ضربه يوضع في اسفل المربع ، والعدد الضارب يوضع فوق . وكانت النتائج الجزئية توضع على السطر الوسط ، وتجمع بصورة اوتوماتيكية بمجرد حصولها . وكانت القسمة تتم بشكل مماثل بوضع القاسم [المقسوم عليه] في الأسفل والمقسوم على السطر الوسط . اما الحاصل او النتيجة فتوضع في الأعلى ، وكانوا يرفعون تدريجياً من المقسوم الأعواد المقابلة للنتائج الجزئية .

الكتابة العادية بالأحرف العربية	اعداد رئيسية			ارقام بالأعواد	جذوع سماوية (فرعية)		
	كتابة	لفظ: قديم	لفظ: حديث		كتابة	لفظ: قديمة	لفظ: حديثة
1	一	ʔiĕt	yi	𝍠	甲	kap	kia
2	二	ńi'	eul	𝍡	乙	ʔiĕt	yi
3	三	sâm	san	𝍢	丙	püAng	ping
4	四	si'	sseu	𝍣	丁	tieng	ting
5	五	'ngo	wou	×	戊	mŏu'	meou
6	六	liuk	liu	𝍥	己	'ki	ki
7	七	ts'iĕt	ts'i	𝍦	庚	kɛng	keng
8	八	pat	pa	𝍧	辛	siĕn	sin
9	九	'kiŏu	kieou	𝍨	壬	'ńiĕn	jen
10	十	žiŏp	che	—	癸	'kwi	kouei
100	百	pɛk	pai				
1 000	千	ts'ien	ts'ien				
10 000	萬	müAn	wang				

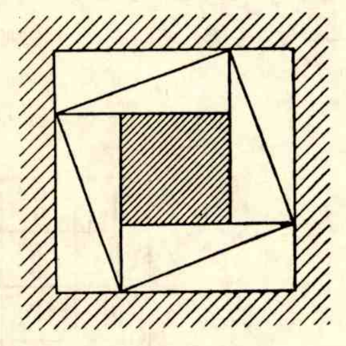
صورة 19 ـ الأرقام الصينية والجذوع السماوية

اشار سوان تسو Souen Tseu الذي وصف لنا هذه العمليات انه إذا ترك العدد المقسوم بقية ، فان هذه البقية تعتبر « كولد » (صورة الكسر) اما القاسم (أي المقسوم عليه) فهـو الأم (المخرج) وكانت الكسور معروفة لدى الصينيين .

وكان استخراج الجذر التربيعي معـروفاً ايضـاً . في سنة 263 ب . م . اشـار ليو هـوي Lieou Houei انه عندما يبقى بقية قسمة ، يؤخذ رقم فيه عشرة كأم أو مخرج . وهكذا يحصل لدينا جذور توضع بشكل كسور عشرية . والقسمة العشريـة لنتائـج القياسـات كانت معممـة ومعروفـة في ذلك الحين .

الجيومتريا أو الهندسة : نجد بداية « جيومتريا » فقط في كتابات مدرسة مو ـ تي Mo Ti . وهذه الكتابات تتضمن تعريفات للنقطة والسطر أو الخط وكذلك بداية ميكانيك .

وفي الكتب الأخرى الصينية ورد فقط ذكر لحسابات السطوح والأحجام . وفي الكتاب الأول من هذا النوع : كلاسيكيات حساب مزولة Gnomon (تشوبي سوان كينغ) نرى مثلثاً مستقيماً ضلوعه 5,4,3 . ولكن جاء مفسر في اواخر القرن الثاني من عصرنا هو شاو كيون كينغ Tchao Kiun K'ing فأضاف رسماً بيانياً شكّل تبييناً اصيلاً لقاعدة فيثاغور Pythagore ثمانية مثلثات مستقيمة تقع داخل مربع ضلعه يساوي مجموع اضلاع الزاوية القائمة في المثلث ، وتقع خارج مربع آخر ضلعه هو الفرق بين ضلعي الزاوية القائمة .



صورة 20 ـ تبين قاعدة فيثاغور سنداً لتشاوكيون كينغ .

في الكتابات القديمة كانت العلاقة بين الدائرة وقطرها تقدر تقريباً بثلاثة . ولكن هناك اسطوانة من المعدن يعود تاريخها الى ايام حكم الملك وانغ منغ Wang Mang ، ومحفوظة في بكين Pékin ، وتحمل كتابة تدل على حجمها : 1620 بوصة مكعبة واحجامهـا وابعادهـا : عشر بوصـات ارتفاع ، ومربع من عشر بوصات ضلعه يوضع في وسط القاعدة عند رؤ وسها التي تبعد تسع « لي » li وخمس « هاو » Hao (أي 0,095 من البوصة إذ كانوا يعرفون التقسيمات العشرية) من محيط الدائرة . مما يعطي : 3,1547 كقيمة لـ (pi) « پي » (π) .

الحساب (ارتمتيك) والجبر : يدلنا كتابُ غِفْلُ من حقبة ملوك هان Han : واسمه فن الحساب في تسعة فصول : « كيو تشانغ سوان شو » ، على المعارف الرياضية في ذلك الزمن . اما الفصول التسعة فهي :

1 ـ في المساحات : حساب صحيح لمساحات المستطيلات ومتوازي الضلعين والمثلث ، وحساب تقريبي ($\pi = 3$) . للدائرة ، ثم قواعد العمليات الاربعة .

2 ـ الحبوب : مسائل حول النِسب والمعدل المئوي .

3 ـ توزيعات : مسائل القسمة والقاعدة الثلاثية .

4 ـ الأطوال والأعراض : مسائل القصد منها ايجاد ضلع المربع الذي تعرف مساحته ، أو ضلع المستطيل المعروفة مساحته وضلعه الآخر ، قاعدة استخراج الجذور التربيعية والتكعيبية .

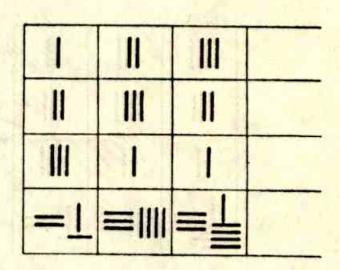
5 ـ تقدير الأعمال : حساب احجام الموشور (Prisme) ، والهرم والاسطوانة الخ . ومساحة مشطور الدائرة يقدر بنصف حاصل ضرب السهم بمجموع السهم والمقطع (الوتر) Corde .

6 ـ في التساوي الضريبي : مسائل حول ما يتوجب من حبوب على الفلاح لصالح الدولة ، مع الأخذ بالاعتبار المسافة بين مكان خزن الحبوب في المدينة والحقل .

7 ـ في الزيادة والنقصان : اسلوب في حل المعادلة من الدرجة الأولى ذات المجهول الواحد ، مع افتراض ان المسألة محلولة بواسطة حل بالزيادة ، وحل آخر بالانقاص [1] .

8 ـ الحساب على مربعات طاولة : اي الحساب الجبري فوق المربعات حيث تتم ايضاً كل العمليات الحسابية . والمطلوب حل نظام يتضمن عدداً من المعادلات مع عدد من المجهولات . وعلى رقعة المربعات تحتل كل معادلة عاموداً . اما مُعاملات كل مجهول فتُصف ضمن نفس الصف الأفقي :

إن هذه المعادلة صورت كما يلي :



$$\begin{cases} x + 2y + 3z = 26 \\ 2x + 3y + z = 34 \\ 3x + 2y + z = 39 \end{cases}$$

وحل المعادلات كان يتم عن طريق تلعيب الأعواد . ولكن عندما تظهر اعداد سلبية تستبدل الأعداد الملونة باعداد سوداء . والأعداد السلبية (الخادعة بالصينية : « فو » Fou) تُميز عن الأعداد

(1) وهذا الأسلوب عرفه الخوارزمي al - Khwarizmi . وقد وصل الى الأوروبيّين تحت اسم الخطأين « الطريقة الصينية » .

الايجابية (الصحيحة : تشنغ) . (Tsiang = Tcheng) .

9 - في الزوايا القائمة : مسائل ترتكز على استعمال قاعدة فيثاغور Pythagore وتؤدي الى معادلات من الدرجة الثانية .

عالمان رياضيان : لم نعرف الآ في القرن الثالث من العصر المسيحي اسماً لبعض الرياضيين : اليو هوي Lieou Houei حسب قيمة π بواسطة مضلع محبوس ضمن دائرة له 192 ضلعاً ثم بواسطة مضلع آخر له 3072 ضلعاً مع إشارته الى انه بالامكان الذهاب الى أبعد من ذلك : فحصل على 3,14159 . ونشر سنة 263 كتاباً اسمه : «مصنف حساب الجزر البحرية» . (هي تاوسوان كنغ) وفيه يعالج قياس المسافات التي لا تدرك عن طريق المثلثات القائمة المتماثلة . وفي اواخر هذه الحقبة ورد ذكر لمصنف حسابي منسوب الى سوان تسو Souen Tseu ـ سوان كينغ Souen King حيث ظهرت مسألة البحث عن العدد الأصغر الذي بقيته (2) . عندما نقسمه بثلاثة . وتكون بقيته 3 عندما نقسمه على 5 ، والبقية 2 عندما نقسمه على 7

السلالم : درست المسائل الرياضية التي طرحتها الموسيقى منذ العصور القديمة . في كتاب اسمه « الربيع والخريف عند المعلم ليو Liu» ، في اواخر الممالك المتحاربة ، عثر على قاعدة صنع القصبات الاثنتي عشرة التي تعطي الاثني عشر نغماً ثابتاً في السلم الألواني : يقصر الأنبوب الرئيسي بمقدار الثلث ، وهذا الأنبوب الثاني يقصر ايضاً بمقدار الثلث ، ولكن بما انه اخرج من المثمن ، فاننا نضاعفه ضعفين من اجل اعادة ادخاله فيه .

بعد تخفيض الثلث وبعد التضعيف كل مرة ، عندما يكون الأنبوب معرضاً لأن يصبح اصغر من نصف الانبوب الاساسي نحصل على السلسلة :

$$1 ، \frac{2}{3} ، \frac{2^3}{3^2} ، \frac{2^4}{3^3} ، \frac{2^6}{3^4} ، \frac{2^7}{3^5} ، \frac{2^9}{3^6} ، \frac{2^{11}}{3^7} ، \frac{2^{12}}{3^8} ، \frac{2^{14}}{3^9} ، \frac{2^{15}}{3^{10}} ، \frac{2^{17}}{30^{11}}$$

ولكن النوتة 13 : $\frac{2^{18}}{3^{12}}$ أي $\frac{262144}{531441}$ لا تتوافق تماماً مع المثمن $\frac{1}{2}$. وعندما تصف الأنابيب لا بحسب ترتيب انتاجها ، بل بحسب طولها المتناقص وبحسب الارتفاع الموسيقي المتزايد نلحظ عدم المساواة بين الأبعاد (المسافات) . وهذه المسائل سوف تدرس في القرون الوسطى .

وهناك صعوبة اخرى عرضت في ايام ملوك الهن Han وهي حساب الأطوال :

نأخذ للأنبوب الأساسي طولاً 81 . فنحصل للأربعة الباقية على الأعداد الصحيحة التالية , 54 65, 48, 72 . أما البقية فقد اعطاها المؤرخ سيما تسايين Sse - ma Ts'ien : $42\frac{2}{3}$, $56\frac{2}{3}$, $75\frac{2}{3}$, $50\frac{2}{3}$. $67\frac{1}{3}$, $44\frac{2}{3}$, $59\frac{2}{3}$. واعطاها امير هونان Hoai - nan : 60, 45, 68, 51, 76, 57, 43 .

أما النوتات الموسيقية بالذات فقد كانت اعدادها خمسة : كونغ ، شانغ ، كيو ، تشي ، يو ، وهي تتوافق مع المسافات بين النوتات الخمسة الأولى الثابتة اي أنها كانت تشكل سلماً خماسي النوتات فيه

ثلاثة اصوات رئيسية :

$$\frac{2^5}{3^3} ، \frac{2^3}{3^2} ، \frac{2^5}{3^3} ، \frac{2^3}{3^2} ، \frac{2^3}{3^2}$$

ومنذ القديم يشار الى سلم من سبع نوتات : اثنتان بيمول : بيان كونغ ، وبيان تشي وكل واحد منهما يقسم الفاصلة أو المسافة $\frac{2^5}{3^2}$ الى صوت $\frac{2^3}{3^2}$ ثم الى شبه نصف صوت $\frac{2^8}{3^5}$.

II ـ علم الفلك

علم الفلك الرسمي : في الصين القديمة كان هناك علماء فلك وساعاتيون وعلماء تنجيم وجغرافيون وعلماء آثار في خدمة الدولة . ومنذ التدوينات الأولى على العظام نجد ملاحظات فلكية : كسوف القمر ـ في السنة 1361 ق.م وكسوف الشمس ـ في السنة 1216 ق.م . ثم الاشارة (الى كواكب جديدة براقة) وهذه الملاحظات كانت ضرورية للتنبؤ بنجاحات الحكومة .

ومن جهة اخرى كان لا بد من تنظيم روزنامة . وكانت الأدوات المستعملة لهذه الغاية المزولة الشمسية التي تدل على الظهر ، وعلى ظلال الانقلابات الشمسية [عندما تكون الشمس في السمت الأعلى] وعلى الاتجاه شمال ـ جنوب ، والساعة المائية التي كانت تسمح بقسمة الزمن الواقع بين ظهرين الى 12 ساعة متساوية ؛ وأشياء طقوسية من « الجاد » بشكل انابيب وحلقات ترمز حتماً الى أدوات قديمة . وأخيراً استخدام المطحنة المائية لتدوير كرة سماوية من البرونز ، وهذا يعزى الى تشان هينغ Tchang Hêng ، مخترع آلة رصد الهزات الأرضية في القرن الثاني من عصرنا . ونعرف بعض الساعات الشمسية من تلك الحقبة مرقمة مئوياً ودائرياً فوق نفس السطح .

الروزنامة : سنداً للنصوص الأولى كانت السنة 365 يوماً وربع اليوم ، وكانت الدائرة تقسم الى مثل هذا من الدرجات . ولكن السنة المدنية كانت تحسب 12 و 13 قمراً ، وتبدأ في الشتاء . ولم تكن هذه الأهلّة ذات اسماء شهرية بل كانت تعد فقط بالأرقام . اما سنة الفلاحين الشمسية ، فكانت تقسم منذ الممالك المتحاربة ، الى 24 « كي » (K'i) أو « نسمة » . وتسمى بواسطة كلمة مزدوجة مثل « انقلاب » الشتاء ، الشتاء الكبير ، الثلج الصغير ، يقظة الحيوانات الخ ومنذ التسجيل على عظام كان تاريخ اليوم يعين بكلمتين : جذع وغصن . وهذا المزج بين السلسلة العشرية والسلسلة العشرينية يعطي دورةً من 60 يوماً بعدها يعود نفس التاريخ . وفي ايام ملوك الهن Han فقط رقمت السنوات بنفس الطريقة . اما الكواكب فلم يكن لها اسماء خاصة باللغة الصينية ، ففينوس Vénus (الزهرة) تسمى البيضاء الكبرى ، اما جوبيتر Jupiter (المشتري) . فالنجمة المدورة الدليلية الخ . وكانت مدة حركات الكواكب معروفة مع تقريب يعادل يوماً واحداً . اما دورة الاثنتي عشرة سنة للمشتري (لجوبيتر Jupiter) فمزودة بسلسلة مركبة من كلمتين أو ثلاث كلمات ، معناها غامض واستعملت احياناً كأسماء للشهر والساعة . ونقيض جوبيتر Jupiter كان هناك كوكب غير مرئي هو « المظلم

الكبير » « تايين » T'ai Yin ، وكان يلعب دوراً كبيراً في التنبؤات الطقسية والزراعية .

وكانت الحقب التي في نهايتها يعود القمر وتعود الشمس الى نفس المواقع النسبية تسمى الدورات ، وكانت معروفة عند الصينيين القدامى . وكانت دورة التسع عشرة سنة ، أو دورة « ميتون » Méton تسمى « تشانغ » Tchang أما دورة 76 سنة فتسمى « بو » Pou . وكان يتوجب مرور 81 قمراً للحصول على عدد مضبوط من الأيام . وكانت دورة كسوفات القمر 135 ، والمضاعف الأكبر المشترك للعددين يعطي دورة مؤلفة من 405 اقمار = 11960 يوماً. و 27 شانغ = هوي (513 سنة = 47 دورة كسوفية) . و 81 شانغ تساوي تونغ وهو عدد كامل من الأيام (1539 سنة) . واخيراً 420 بو تعطي كي أي 31420 سنة وبعدها كل شيء يتجدد .

تتبع النجوم : في الصين يدل موقع النجوم في ساعة معينة أو بصورة ادق مرورها في خط الهاجرة ، في السطح العامودي من القطب، على التاريخ في السنة . واستعمال هذا الأسلوب يجعل تحديد مواقع الكواكب يتم بالنسبة الى القطب والى خطوط الطول ، وهي الخطوط التي تجمع بين النجوم الأخرى والقطب . ونقاط الارتكاز الأكثر دقة فيما خص خطوط الهاجرة تقع اذاً في مناطق البعد الأقصى أي في خط الاستواء السماوي : وهكذا تحدد 28 نجمة من المنطقة الاستوائية 28 ملجأً أو « سيو »[1] . وهو فلك بروج يتوافق ولا شك ، في البداية مع المواقع المتتالية للقمر بخلال الشهر . والملجأ أو « القلب » (سن) يتوافق في الصين مع الربيع ، لأن القمر ـ البدر يقع في هذا الفصل . والنجوم في برج العقرب تتوافق ، في فلك البروج الاغريقي ـ اللاتيني مع الخريف ، إذ في هذا الفصل تحل الشمس فيه .

الأصول أو الينابيع : في مصنف المستندات التاريخية يعطي « شوكنغ » Chou King تفصيلات عن النجوم التي تواجه مواقع الشمس عند منقلبات مداراتها وعند الاعتدالات . ويضيف هذا المصنف ان السنة تتألف من 366 يوماً . وقد سبق ورأينا ان تسجيلات القرن الثالث عشر قبل عصرنا عرفت قيمة ادق للسنة اي 365 يوماً وربع اليوم . وإذاً يعرّفنا هذا الكتاب على علم فلك اقدم . وهذا واضح ايضاً من مواقع منقلبات المدارات ومن مواقع الاعتدالات .

من المعروف بهذا الشأن ، وبفعل ظاهرة تأرجح الاعتدالات ان هذه المواقع تتغير ببطء عبر الزمن فتؤدي الى تحولٍ مقابل في القطب الشمالي ، (وهو محور الحركة اليومية) ، بين النجوم . هذه الظاهرة المتعلقة بتأرجح الاعتدالات لم تكتشف ولم تحسب في الصين إلا في نهاية حقبة ملوك الهان Han على يد الفلكي يي هي Yi Hi . ومن المستحيل ان تكون مقدمات شوكنغ Chou King قد شاخت فيما يتعلق بحساب موقع الاعتدالات في الحقبة الأسطورية للأبطال الذين اسسوا علم الفلك .

ومن جهة اخرى،وفي المفهوم الصيني للعالم ، يعتبر القطب رمزاً للملك الذي حوله ينتظم أمر

---

(1) تذكرنا سيو بالناكشاترا nakshatra - Sieou الهندية (راجع اعلاه الصفحات : (151 و152).

المجتمع . ولهذا يسمى النجم القطبي الحالي « الامبراطور السماوي الأكبر والأوحد » . والنجمة التي كانت قطبية ايام ملوك الهان Han سميت « محور السماء » . اما النجمة التي كانت قطبية قبل الف سنة من عصرنا فتسمى « نجمة الامبراطور السماوي » . ولكن نجد اسماء مثل « الأولى الكبرى » و « الأولى السماوية » ، للدلالة على نجمتين صغيرتين من المرتبة الخامسة في الضخامة ، وليس لهما اية خصوصية إلّا انهما كانتا قطبيتين بخلال الألف الثاني قبل عصرنا . وفي مجموعة تسمى « السياج الممنوع الأحمر » القرمزي هناك نجمتان تسميان « المحور الأيمن » و « المحور الأيسر » ، وبينهما كان يقع القطب في السنة 3000 ق.م. وهذا التاريخ سابقٌ على الدلالات الأثرية الصينية مما يمكن ان يدل على نشأة اجنبية للتراث النجومي .

دليل النجوم : ان البيان الاحصائي بالنجوم قديم ودقيق في الصين ، فمنذ ايام الممالك المتحاربة كان هناك ثلاثة علماء فلك : شوشن Cheu Chen من تيسي Ts'i، كانتو Kan to من وي Wei ، وعالم ثالث لا يُعرف منه إلّا لقبه « ووهيان » Wou Hien . وضع هؤلاء بياناً بـ 1464 نجمة ضمن 284 مجموعة . وكل مجموعة فيها تعطي عدد النجوم الموجودة فيها ، واسماء المجموعات المجاورة ، مسافة القطب بالدرجات (والزاوية القائمة تساوي $91\frac{3}{8}$ درجة من هذه الدرجات) ـ وهذا يتطابق مع زاوية الميْل ـ والمسافة بالدرجات من خط الهاجرة « سيو » الواقع الى اليمين ـ مما يتوافق مع الصعود الأيمن .

النظريات الكوسمولوجية : لم يكن عند الصينيين ابداً نظرية رسمية ثابتة حول نظام العالم : إلا اننا نجد ثلاثة انظمة بخلال العصور القديمة .

النظام الأكثر قدماً والذي يذكر بنظام الشرق الأدنى ، معروض في « مصنف حساب المزولة الشمسية » وفيه ان قبة السماء بالنسبة الى النجوم الثابتة هي قبعة او غطاء نصف دائري يدور فوق أرض مربعة . والشمس والقمر ، وان كانا يتنقلان في قبة السماء بخطين متعاكسين فهما مجروران كالنمل فوق حجر رحى . انها نظرية « السماء الغطاء » (كي تين) . والنظرية الثانية تعزى الى لوهيا هونغ Lo - Hia Hong من القرن الثاني قبل عصرنا وقد عرضها شانغ هينغ Tchang Hêng انها نظرية « السماء المدورة الكروية » (هون تين) . والكون يشبه بيضة مدورة مثل طابة ضارب المقلاع ، وقبة السماء هي القشرة والارض هي الصفار ، وقطر السماء يُقدر بـ 2.032.300 لي . ولا احد يعرف ماذا وراء قبة السماء حيث لا يوجد أي مَعْلَمٍ ولا حدود .

والنظرية الثالثة المعزوة الى كي منغ K'i Meng في أواخر عصر الهان Han لم تعرض الا في كتب وسيطية . انها نظرية « الليل الطويل » : (سيون يي) . وبموجبها لا توجد قبة سماء جامدة . اما زرقة السماء فليست إلا بفعل النظر ، والنجوم والشمس والقمر تسبح وسط فراغٍ وتدعمها « نسمة صلبة » (كنغ كي) . وفي الكتاب الطّاوي المعزو الى لي تسو Lie Tseu ، ورد انه لا توجد مخافة من سقوط السماء ، إذ لا توجد قبة سماء صلبة .

III ـ العلوم الفيزيائية والطبيعية

فيزياء موتي Mo Ti : في اجزاء من مواعظ موتي Mo Ti ، حيث وجدنا آثاراً من هندسة (جيومتريا) نجد ايضاً عناصر ميكانيك واوبتيك (علم البصريات) .

وهكذا نجد ايضاً تعريفاً « للمدة » (كيو) وللحظة بدون مدة (شي) ، وللملامسة ، وللمصادفة وللاستمرارية . القوة « لي » (ليك) هي التي تحرك ، (فن = بيون) الجوامد ، (هنغ) . وكلمة (فن) تمثل عصفوراً يطير من حقل ، وتمثل حركةً متتالية متسارعة . وتتوقف الحركة (تشي) بسبب العائق ، (تشو) . وإذا مر السهم بين الحواجز فانه يتابع طريقه . والحركة سببها نوع من الاهمال ، مثل حركة الباب غير المغلق بقفله . والكرة الكاملة لا تستطيع أن تقاوم قوةً ما . والوزن هو قوة . والغرفة السوداء تعرف باسم « الغرفة المغلقة على الكنز » (كو) ، وعكس الصورة يفسر كما يلي : الثقب الفارغ هو نقطة تسمح بدخول النور ، بحيث ان نور الأرجل ، المتوقف تحت ، يشكل الصورة في الأعلى . ونور الرأس ، المتوقف في الأعلى ، يشكل الصورة تحت ، لأن الانسان المتنور يلمع كما لو كان يفيض نوراً . وتعطي المرآة المقعرة (وا ـ كين) تعطي صوراً صغيرة ومقلوبة أو كبيرة ومستقيمة بحسب وضع الشيء بالنسبة الى المركز : اما « المرآة المحدودبة » (توان كين) فلا تعطي الا نوعاً واحداً من الصور .

النظريات الفيزيائية : ان التصورات التي سادت في الصين لتفسير ظاهرات الطبيعة برزت في الفصل (هونغ فان) من « مصنف المستندات التاريخية » (شوكنغ) . ونجدها مفسرة بصورة اطول في تقرير حول مناقشة جرت سنة 79 من عصرنا بناءً على دعوة من الامبراطور صاحب « قصر النمر الأبيض » .

تفسر الظاهرات الطبيعية بصورة اساسية بتتالي (ين) (مظلم ، بارد ، رطب ، مؤنث مفرد) مع (يانغ) (منور ، حار ، جاف ، مذكر ، مزدوج) .

وهذه التفسيرات نشرها تسويان Tseau Yen في اكاديمية تسي Ts'y . ويعزى الى نفس العالم نظرية العناصر الخمسة أو بالأحرى ، العوامل الخمسة : (هنغ) ، لأن الكلمة الصينية تعني ايضاً : المشي أو التصرف . هذه العوامل الخمسة هي الأرض والنار ، والمعدن والماء والخشب ، وكل شيء يوجد في الطبيعة ، والمجتمع مرتبط بهذين المبدأين وبهذه العوامل الخمسة ، ومفسر بها . انها رؤية للعالم نوعية بصورة اساسية وديناميكية . والشيء المهم في الانسان : الطبيعة والمجتمع هو التوازن بين (الين) و (اليانغ) . وتتالي الأيام والليالي والصيف والشتاء ، والشمس (اليونغ الكبير) والقمر (الين الكبير) يدل كيف انها تتوازن حول الوقت وتتالى دون ان تتحطم . وترتبط العوالم الخمسة بالأمكنة الخمسة (الجهات الأربع والمركز) وبالألوان الخمسة وهي (اخضر ، ازرق ، احمر ، اصفر ، ابيض ، اسود) ، وبالطعوم الخمسة (الحاد ، والمر والحلو ، والمالح والقابض) ، وبالأصوات الموسيقية الخمسة (نوتات السلم الخماسي) ، وبالطبقات الخمسة من الحيوانات الخ .

وترتكز كل النظريات التقنية والعلمية على ما ذكر اعلاه ، والشيء الذي نسميه في وقتنا الحاضر اشباه العلوم ، أي في تلك الحقبة : التقنيات الاستطلاعية : التنجيم ، الأعواد المرمية (الشبيهة عندنا بما يسمى القشة القصيرة) (Courte - paille)، وايضاً « الجيو مانسي » اي تحديد الأمكنة الصالحة لاقامة المنازل أو المقابر ، وكلها مرتكزة على نفس هذه النظريات (راجع 195 الصورة 21 و 22) .

ولا نجد في الفكر الصيني تفريقاً بين الجواهر المادية والمفاهيم ، تفريقاً يشبه مفاهيمنا للمادة والروح والعقل . مثلاً ، نقدم كيف يتصور « سيون تسي » Siun Tseu وهو كونفوشيوسي قريب من الحقوقيين ، الفروقات بين ممالك الطبيعة كما نفهمها :

العوامل : ماء نار ، وليس لهما الا « كي » « نفس وطاقة » .

النباتات : ولها كي وشنغ (دم) ، ولادة حياة .

الحيوانات : ولها كي شنغ وتشي : معرفة واحساس .

البشر : وهم كي ، شنغ ، تشي ،وي : انصاف وعدالة .

وهناك تطور مهم لدى هذا المؤلف هو « لي » وقد تُرْجِمَ في اغلب الاحيان بكلمة « عقل » . والواقع ، ان هذه الكلمة تدل ، بمعناها الحقيقي على بنية الأحجار الكريمة التي يجب معرفتها حتى يتسنى قطعها وتفصيلها بما يليق ، وبالمعنى المجازي انها تدل على تنظيم وعلى بنية وعلى تسلسل . ومعرفة الـ « لي » من كل شيء ضرورية لمعرفة ما هو مهم أو غير مهم حتى يتسنى التصرف بعقل . ولكن لا يمكن مطابقة الـ « لي » مع علة الأشياء أو سببها .

وكذلك الكلمة التي تترجم باسم روح « سين » ليست إلاّ القلب . وهو عضو ، في الصين ، فيه تتمركز الارادة والوعي .

الطب وعلم الأحياء (أو البيولوجيا) : في قصة يعود عهدها الى زمن الممالك المتقاتلة ، يشار الى ان الأمراض سببها الزيادة في « كي » . وهناك ستة انواع من « الكي » : البرد والحر ، والهواء والمطر والنور والظلام .

وهناك ثلاثة اطباء في العصور القديمة كانوا مشهورين : شوين يو Chouen - Yui ، كان مراقباً للأغلال . « شانغ كونغ » ، في سنة 167 ق.م. اتُهم بالممارسة غير الشرعية للطب .

صورة 21 - مربع سحري صيني - هذا المربع السحري ، الاقدم بحسب الدلائل المتوفرة ، تفيد الاسطورة انه دون فوق ظهر سلحفاة اخرجتها السماء من نهر « لو » ، من اجل الامبراطور الاسطوري يو **Yu** . وهذه الاعداد التسعة ترمز الى القاعدة الكبرى ، في **9** فصول من « مصنف المستندات » شوكنغ **Chou King** .

تريغرامات خطوط مثلثة	اسماء	اللفظ	
		القديم	الحديث
☰	乾	giǎn	k'ien
☷	坤	k'uon	k'ouen
☳	震	tśiĕn'	tchen
☵	坎	'ḳ'âm	k'an
☶	艮	kŏn'	ken
☴	巽	sw̆ān'	siuen
☲	離	liĕ	li
☱	兌	duâi'	touei

صورة رقم 22 ـ ان « باكوا » هي ثمانية تريغرامات (خطوط مثلثة) كشفها التنين امام فوهي Fou Hi ، وهو ملك اسطوري اخترع وسائل التنجيم . وهذه التريغرامات لا علاقة لها بالعدد ، وقد أخطأ ليبنيز حين اعتقد انها ترقيم على اساس اثنيني .

وبعد طرده من الوظيفة ارسل مذكرة يبرر نشاطه الطبي . وفي هذا الجواب عدد خمساً وعشرين حالة عيادية ، واستعمل دزينة من الكتب . وقد ربط بين خمسة من الأحشاء الممتلئة : القلب ، الرئتين ، الكبد ، الطحال ، الكلوة ، مع الوان خمسة الخ . واخذ في الاعتبار حالات عيادية خاصة . اما معالجاته فهي صيدلانية خالصة : ملينات ، ومحفزات الادرار (سكوبوليا جابونيكا) ومبيدات الديدان (دفني جنكوا) ، الخ والطبيب الثاني من المشهورين هو الجراح هواتو Houa T'ouo الذي نصح بالتمارين الرياضية ، وبالاستشفاء بالماء ، وباستعمال الأدوية المخدرة اثناء العمليات .

وهناك طبيب ثالث مشهور تشانغ شونغ كنغ Tchang Tchong - King ، عاش في القرن الثاني من عصرنا وترك كتاباً حول الحميات (ومن بينها التيفوئيد) (ومختصر الغرفة الذهبية) حول الأمراض الأخرى واستعمل « الافيدرا » ومنقوع « السيناموم كاسيا » ومسحوق غلديتشيا . ونصح ايضاً في حالة الانتحار بالشنق ، بالتنفس الاصطناعي . وبالنسبة الى التسمم نصح بغسل المعدة . والنظرية الطبية التي كانت سائدة في هذه الحقبة نجدها في « مصنف الأمراض الداخلية » : « ني كنغ » الذي يعطي وصفاً تشريحياً للجسم البشري مع الحجم الوسطي للأعضاء . اما الجمجمة فليست الاّ خزاناً يحتوي النخاع الشوكي ، والدورة الدموية بين القلب والأعضاء ، مثبتة، ويشار الى سرعتها : ستة بوصات في

كل تنفس والى جانب الاحشاء الخمسة الملآنة والتي تكلمنا عنها ، توجد خمسة اعضاء داخلية فارغة أو مجوفة (الجهاز الهضمي والمثانة) ، اما فجوات الجسم فتتصل بالأعضاء الخمسة الاحشائية وبالعوامل الخمسة، وكذلك بـ« الين » والـ« يانغ » .

ويعتبر الجسم كدولة رئيسها القلب والرئتان الوزراء والكبد القائد الخ .

أما وسائل التشخيص الأربعة فهي الملاحظة والفحص السريري والاستجواب والنبض .

وادى نمو الكونفوشية Confucianisme الى سيادة الموجب الأخلاقي القاضي ببقاء الجسد كاملاً غير منقوص كما وصل من الأهل ، مما ادى الى تراجع علم الجراحة . وفي القرن الثالث من عصرنا كتب هوانغ فومي Houang - Fou Mi كتابه « كيابي كنغ » ، وعالج فيه الطبابة بالابر وبالموكسا (الكي بالنار) ، وهي المعالجات التي تميّز بها الطب الصيني . ونشر وانغ شوهو Wang Chou - Ho كتابه : « شانغ هان لون » وكتب « مصنّف النبض » ، « موكنغ » Mo King : واصبح الفحص عن طريق النبض الأسلوب المميز في الطب الصيني .

فن تركيب الأدوية (الاجزائية) وعلم النبات والكيمياء : لا شك ان الصينيين هم الشعب الذي دجّن منذ العصور القديمة اكبر عدد من النباتات ، وبعض النباتات الضارة أو التافهة لم تستعمل ولم يحسن استعمالها الا في الصين ، مثلاً نبتة صليبية صغيرة اسمها محفظة الراعي : « كابسيلا بورصة باستوري » سميت في « مصنف الأشعار » : « شي كنغ » وقد زرعت كالخس للسلطة . وهناك اشجار ازالها استصلاح الغابات ، عفوياً فحفظت بزرعها في الجنائن مثل شجرة الدنانير : « جينغو بيلوبا » . واعطى علمُ الصيدلة وصفاتٍ لمستحضراتٍ نافعةٍ أو غير مفيدة أو مضرة من الممالك الثلاث [الحيوانية والنباتية والجمادية] . وفي اقدم الكتب ، وهو ما يسمى : « شن نونغ پن تساو » نجد ذكراً لأكثر من ثلاثمئة نبتة وستة وأربعين مادة معدنية .

وإلى جانب هذه الكتب العمومية المكتوبة غالباً بناءً على امر امبراطوري ، نجد الكتب التي وجدت في حوزة الامراء . من ذلك الكتاب المسمى « هوي نان تسو » « امير الجنوب في نهر هوى » . نجد فيه وصفاً ديناميكاً لمناجم معدنية : ان النسمة « كي » في منطقة الوسط تصعد الى السماء المغبَّرة حيث تولد بعد خمسمائة سنة مادة « كيو » (وهي مادة غير معروفة) . وهذه المادة تحدث بعد خمسمائة سنة الزئبق الأصفر . وهذا الأخير يحدث بعد خمسمائة سنة المعدن الأصفر اي الذهب ، الذي يولد بعد ألف سنة التنين الأصفر . وإذا جاءت « الكي » من الشرق فالنتائج تكون زرقاء خضراء ، وتتطلب الانتقالاتُ والتحولاتُ ثمانمائة سنة . وإذا جاءت « الكي » النسمة من الجنوب فالنتائج تكون حمراء : برونز ونحاس والتحولات تتطلب سبعمائة سنة . وإذا جاءت « الكي » من الغرب فالنتائج بيضاء أي فضة . . . والتنقلات تتطلب تسعمائة سنة . واخيراً إذا جاءت « الكي » من الشمال فالنتائج سوداء : حديد ، والتنقلات تقتضي ستمائة سنة .

وندرك هنا بوضوح شديد، العلاقات التي اقامها الصينيون بين مختلف الصفات والنوعيات. وهذه العلاقات لم تكن كيفية عفوية : إذ في الصين الوسطى تبدو الأرض صفراء في حين ان البحر

الأزرق الأخضر يقع في الشرق . اما الجبال العالية البيضاء المغطاة بالثلوج فتقع في الغرب . واما الشمس رمز النار الحمراء فتقع في الجنوب . في كل هـذه التعميمات السـابقة عـلى العلم ، يوجـد تعميمات متسرعة اكثر مما أَوْجَدَ اخطاء بالمعنى الصحيح . ومن المؤكد ان التقدم الحضاري المادي في الصين ، اقترن في تلك الحقبة بسجل واسع من المعارف .

الخلاصة

منذ حقبة الممالك المتحاربة ، اي منذ القرن الخامس ق.م. كانت الصين ، بفضل مستوى معارفها التقنية ، وبفضل امتدادها ، وبفضل سكانها ، الشعب الأكثر تقدماً في العالم ، وتجاوزت امبراطورية الـ« تسين » Tsi'n والـ« هان » Han في اهميتها الامبراطورية المقدونية والرومانية والهندية المعاصرة لها . في حين انها لم تصل الى بعض الانجازات العلمية التي حققها الاغريق . فلماذا تخلفت المعرفة العلمية عن مجاراة المعرفة التقنية ؟

رأينا ان هناك عناصر كان يمكن ان تولد تطوراً شبيهاً بتطور العلم عند اليونان ، وهذه العناصر وجدت في كتب المدرسة السياسية ، مدرسة موتي Moti . في هـذه الكتابـات نجد لائحـة تبحث في كيفيـة الحصول على المعرفـة العلميـة . وقـد تـوضح فيهـا ان المعرفـة « تشي » تكتسب بالسماع (ون) وبالرجوع الى (شو) أي الاستدلال ، وبالملاحظة المباشرة (تسن) . ثم بالعمل الارادي (وي) اي بالتجربة . وقد ميز الصينيون بوضوح بين السبب (كو) والمفعول (تشنغ) . وهذا المنهج السياسي كان مرتكزاً على الفعل القاصد الى الاقناع ، وعلى البحوث الميكانيكية في الفن العسكري . وقد رأينا ان هذه المدرسة ازدهرت في الصين ايام الممالك المتحاربة ، وهي حقبة كان في الصين العديد من الدول الصغرى تتحارب فيما بينها . وكانت الدول الأكثر اهمية : اما دول الغرب حيث كانت تسود رعاية المواشي (تسيين وتسين) ، وأما دول الشرق حيث كانت تسود الملاحة (تسي و أو) . وكان يوجد عندئذ وضع مشابه لوضع البحر المتوسط الأوروبي وبصورة خاصة اليونان . وفي بعض الاحيان تفسر مميزات الفكر والعلم في اغريقيا القديمة Grèce antique باهمية تربية المواشي (علاقة الراعي بالقطيع) والملاحة (علاقة الربان بالبحَّار المجذف) وبالقرصنة وبالحرب وبنمو العبودية ، (العلاقة بين السيد والعبد) . ونتج عن ذلك رؤية ثنائية للعالم ، (علاقة الفكر بالمادة ، علاقة الإلّه بالعالم) وامكانية الفكر البشري ان يستخلص بصورة مسبقة القوانين التي تحكم العالم .

والواقع ان الوحدة الجغرافية للصين وعزلتها عن بقية المناطق المتحضرة ، كل ذلك أدى بها الى وحدة سياسية . والوسط الجغرافي في آسيا الشرقية المختلف تماماً عن المناطق المتوسطية بصفته القارية والاهمية الاقتصادية للزراعة بالنسبة الى تربية المواشي والى الملاحة ، كل ذلك وجه المجتمع الصيني وجهة اخرى . ان النجاح العملي الذي حققه علماء الاجتماع الكونفوشِيُّون ، في حكومة الدولة ، ونجاح علماء الإحياء والسيكولوجيا الطاويون ، في الجهود الفردية من اجل صحة جيدة ومن اجل حياة

طويلة ، قد تغلب على كل المدارس الأخرى . ومع عقيدة موتي Moti زالت نواة العلوم الاستقرائية التي تذكر بما حصل في الغرب .

وبهذا الشأن لا يرى الطاوي أو الكونفوشي لزوماً لتحديد معاني الكلمات مسبقاً . فهذه الكلمات توحي بحقيقة واقعية تحصل المعرفة بها فيما بعد . ان العلاقات لم تكن ذات اتجاه واحد ، بل كانت دائماً متبادلة . واخيراً يجب الحذر من العمل المصطنع (وي) . هذه النظرة جعلت الجبر يسيطر على الهندسة في مجال الرياضيات . وفي مجال الفيزياء ، جعلت الأعمال من بعيد ، مثل المغناطيسية أو الموجات الصوتية ، تسيطر على اعمال الصدم في الميكانيك . كما جعلت ، في مجال الطب ، التأثير من بُعدٍ للوخزات وللكي بالنار ، اقوى من التأثير المباشر الذي تحدثه الجراحة . واخيراً ، في مجال علم الاجتماع ، لم يكن الحكماء والقديسون يتصرفون الا عن طريق الامثال ، والايحاءات بدلاً من ان يُنَصِبُوا انفسَهم زعماءَ يتولَّون القيادة والتشريع .

ولا يمكن القول ان الصينيين لم يكوّنوا بخلال تلك الحقبة رؤية علمية وعقلانية للعالم . فبالنسبة اليهم لا يوجد شيء سامٍ ـ عالٍ وغير قابل للتفسير . فالانسان والمجتمع في نظرهم هما موضوع معرفة . ولكنهم لم يتوصلوا الى التبيين الرياضي القائم على تعاريف « مسبقة » . وهذا يدلنا على ان الأفكار والمناهج العلمية ليست انبثاقاً من التقنيات بل هي انبثاق من مجمل التطبيق الاجتماعي .

المراجع

On aura une vue d'ensemble rapide dans les deux ouvrages suivants : J. GERNET, *La Chine antique*, Paris, 1964, et CHANG KWANG-CHIH, *The archeology of Ancient China*, New Haven, 1963.

Sur les écoles de pensée, depuis *La pensée chinoise* de Marcel GRANET (« L'évolution de l'humanité »), Paris, 1929, toujours classique, il faut citer :

H. MASPERO, *Le taoïsme*, « Les civilisations du sud », Paris, 1950. — M. KALTENMARK, *Lao tseu et le taoïsme* (« Les maîtres spirituels »), Paris, 1965. — J. J. DUYVENDAK, *Le livre de la voie et de la vertu*, Paris, 1952. — D. LESLIE, *Confucius* (« Les philosophes de tous les temps »), Paris, 1962.

Et en anglais : J. R. WARE, *The sayings of Mencius*, New York, 1960. — HOEU WAI-LOU, *A short history of chinese philosophy*, Pékin, 1959. — E. R. HUGHES, *Chinese philosophy in classical times*, London, 1942.

Sur la science proprement dite, en français, signalons les articles de P. HUARD, en particulier, *La science et l'Extrême-Orient* (conférences polycopiées, École française d'Extrême-Orient, Hanoï, 1948-49) ;

ainsi que plusieurs ouvrages touchant à l'histoire de l'astronomie chinoise :

J.-B. BIOT, *Recherches sur l'ancienne astronomie chinoise*, 1840 ; *Études sur l'astronomie indienne et sur l'astronomie chinoise*, 1862. — L. DE SAUSSURE, *Les origines de l'astronomie chinoise*, Paris, 1930. — Henri MASPERO, L'astronomie chinoise avant les Han, *T'oung pao*, t. 26, 1929 ; Les instruments astronomiques des Chinois au temps des Han, *Mélanges chinois et bouddhiques*, 6, 1939.

Et surtout, pour la médecine, R. F. BRIDGMAN, « La médecine dans la Chine antique d'après les biographies de Pien-ts'io et de Chouen-yu Yi (chap. 105 des Mémoires historiques de Sseu-ma ts'ien) » (*Mélanges chinois et bouddhiques*, t. X, Bruxelles, 1955).

Enfin on trouve une bibliographie très complète dans :

Joseph NEEDHAM, *Science and Civilisation in China*, Cambridge University Press ; vol. 1 : *Orientations* (1954) ; vol. 2 : *History of scientific thought* (1956) ; vol. 3 : *Mathematics and the sciences of the heavens and the earth* (1959) ; vol. 4 : *Physics and physical technology*, part. 1 : *Physics* (1962), part. 2 : *Mechanical engineering* (1965), part. 3 : *Civil engineering and nautics* (1966) ;

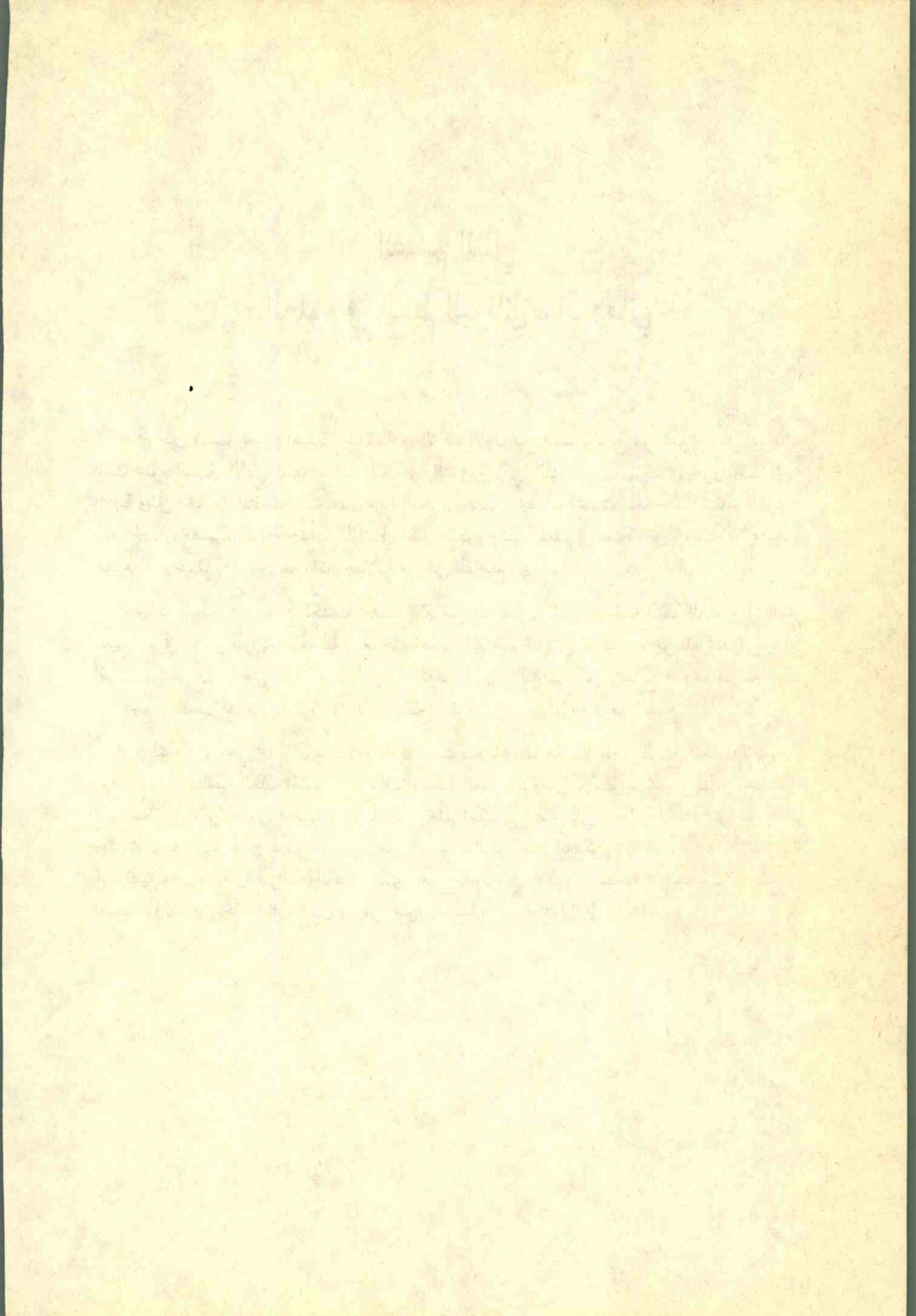
et dans les trois autres volumes qui termineront cet ouvrage.

القسم الثاني
العلوم في العالم اليوناني - الروماني

في حين كانت العلوم الهندية والصينية في الألف الأول قبل عصرنا تتابع نمواً شبه مستقل تقريباً ، كانت علوم الشرق الأدنى تظهر علائم التحجّر والتدهور . في ذلك الحين ظهرت في جزر بحر ايجي Egée وعلى الجانبين المتقابلين المحيطين بهذا البحر ، حضارة جديدة اعطت دفعاً حاسماً لتقدم العلم . هذه الحضارة الهلّينية البراقة جداً ، كانت في اصل مفهوم جديد للعلم في معناه ودوره وبنيته الاجمالية ، مفهومٍ اكثر عمقاً واكثر تجريداً واكثر عقلانية من كل المفاهيم التي سبقتها .

والقسم الثاني من هذا الكتاب مخصص لعرض المرحلتين الكبريين لهذا النمو العلمي في العالم الهليني ثم في الامبراطورية الرومانية : مرحلة تكوين المفاهيم ونقاش المبادىء ، مرحلة تمتد من بداية القرن السادس ق.م حتى نهاية القرن الرابع : العلم الهليني . مرحلة تكوين سريع متبوعة بمرحلة انهاك ثم تراجع : العلم الهلنستي والروماني الذي يغطي القرون الخمسة الاخيرة بعد المسيح .

والمشكلة ، وهي ما تزال موضوع جدل ، مشكلة بدايات هذا الازدهار الرائع للعلم الاغريقي سوف تدرس بمناسبة العلم الهليني ، وكذلك بمناسبة العلم الروماني ، سوف يُدْرس تأثير الحضارة الاتروسكية [غربي جنوبي ايطاليا] . اما تأثير العلم الهلنستي والروماني ، على ولادة وعلى نمو العلم الحديث ، فانه يقع ، في بعض الفصول من القسم الثالث - مثلاً الفصول المخصصة للعلوم العربية والبيزنطية والسلافية والعبرانية والفصل الذي يعالج العلوم في اوروبا المسيحية الوسيطية - كما يقع في القسم الأول من المجلد الثاني الذي يدرس علوم النهضة من سنة 1450 الى 1600 .



الكتاب الأول
العلم الهلّيني

يقصد بعلم هليني Science hellène ، بحسب استعمال شاع منذ بول تَنّيري Paul Tannery ، الحقبة من العلم اليوناني الذي يوافق الهلينية الكلاسيكية . وهي تمتد على مدى ثلاثة قرون ،من بداية القرن السادس حتى نهاية القرن الرابع [قبل المسيح] ، من تاليس Thalès الى تلامذة « ارسطو » الأولين . وفي تاريخ العلوم كما في تاريخ اي فرع من فروع التاريخ يصعب الكلام عن بداية مطلقة . لا شك ان الاغريق عرفوا قبل القرن السادس [ق.م] معلومات عن الرياضيات وعن علم الفلك وعلم الطب ـ وصفات أو معارف تجريبية غالباً ما كانت مستفادة من الشرق . ولكن في القرن السادس بدا ظهورُ المدارس الايونية احد المنعطفات التي قيل عنها انها تساوي اصلاً النشأة : أنها اللحظة حيث العلم اليوناني ، وقد وعى ذاته ، لم يعد يسعى فقط الى كسب المعرفة بل الى التنسيق بين المعطيات المكتسبة . اما الحد الأخير للحقبة الهلينية ، فيمكن ان يحدد بوضوح اكبر نظراً لأنه قد طُبِعَ بطابع التوسع الفجائي للعالم الاغريقي بعد فتوحات « الاسكندر » . وهذه القرون الثلاثة الأولى تركت لنا مؤسستين عظيمتين : المجموعة الهيبوكراطية (الأبقراطية) والمجموعة الارسطية .

الأولى تعلمنا احوال الفنون الطبية ، والثانية النتائج الحاصلة في القرن الرابع [ق.م] في مجالات الفيزياء والعلوم الطبيعية ، والى حد ما ، التاريخ السابق على هذه العلوم . وللأسف ، عدا عن هاتين المجموعتين الكبيرتين ، تندر النصوص المتاحة كما يصعب تفسيرها ، خاصة فيما يتعلق بالنصف الأول من الحقبة التي نحن بصدد دراستها : القرن السادس [ق.م] والقسم الأكبر من القرن الخامس . هنا يجد مؤرخ العلوم نفسه في مقام عالم الأثريات العامل وسط حقل من الانقاض : فهو لا يمتلك الا أجزاء نادرة ، منها يتوجب عليه ان يعيد إحياء هندساتِ معمارية زائلة ، بحذرٍ وبهدوء ، وفي ظل تعرض للخطأ والضلال . انها مهمة جاحدة ، ولكنها ليست عبثاً لأن الآثار الباقية من القصائد الشعرية الكوسمولوجية [من كوسموس = كون ولوجو علم] أو من الكتب الرياضية (مقتطفات متناثرة في الكتب اللاحقة ، وهي شواهد ثمنية بين يدي المؤرخين والمصنفين) تتيح الامساك ، على الأقل في خطوطه الكبرى ، بالتطور ، أو ، وفقاً لتعبير افضل ، بالانبثاق ، في العالم الاغريقي ، لما سمي فيما بعد بالعلم الوضعي .

وليست المسألة هنا مسألة انكار مديونية بلاد اليونان القديمة للحضارات الشرقية . ولكن يجب الحذر من المبالغة في اهمية هذا الدين كما فعل الاغريق انفسهم انطلاقاً من القرن الرابع . فمن ايزوكرات Isocrate الى بورفير Porphyre جعل العديد من الكتّاب انفسهم صدىً لموروثات تعلمها فيثاغور Pythagore من مصر وبابل وفينيقيا Phénicie Babylone . في حين انها ، مع موروثات اخرى كثيرة ، اساطير اكثر من مشبوهة .

لقد ورث الاغريق معلومات متراكمة عبر تجربة الفية نقلت بامانة من عصر الى عصر في مصر والشرق . ولكن جهودهم هي التي كونت العلم بصورة تدريجية وجعلته حقلاً مستقلاً : من جهة تحرر العلم اليوناني من الدين ومن السحر . ومن جهة اخرى ارتفع فوق التقنيات . لقد كان معرفة فكرية . فعكف على التفكير في ذاته وسرعان ما أخذ ينتقد ذاته. ولم يبحث فقط في استخدام الأحداث التي سجلها والحقائق التي ادركها، بل حاول فهمها. ولم يكتف بالتنبؤ البسيط بالأحداث ، بل حاول فهم الكائن لقد كان اونتولوجياً (باحثاً في الكائن) : وحتى عندما ابتعد عن المبادىء للمسك بالعلاقات ، طبق على هذا البحث الجديد ارادته في التفسير والتأويل اي الرجوع الى الوحدة الى الماهية . وبمقدار ما كان هذا العلم تفسيرياً وبحثياً ، فقد كان ابداعاً من العبقرية اليونانية . وان نحن اعتبرنا هاتين الملاحظتين اساسيتين ، يمكن التأكيد بان العلم قد نشأ في اليونان (اغريقيا) Grèce . ان العلم الاغريقي اراد ان يبرر المظاهر ، وهو يتضمن ميتافيزيكاً أي نظرة ما ورائية الى الواقع وسرعة تقدمه العجيبة (وهي مكافأة عادلة طموحاته المتجردة ولغاياته النظرية) اظهرت تفوقه على العلم الشرقي دون ان تكون هناك حاجة لاجراء مقارنة دقيقة بنتائجها .

أما مجال هذا العلم ، فلن نعجب حين نلاحظ اتساعه الكبير ، لأن البحث عن الوحدة تدفع إلى اعلاء شأن التنوع . وكان الميليزيّون [من مقاطعة Milet في آسيا الصغرى] من العصر الأول قد هدفوا الى حقل استقصائي بدون حدود . وكان طاليس Thalès بآنٍ واحد عالماً فيزيائياً ورياضياً ومنجماً وجغرافياً . هذه الشمولية استمرت لمدة طويلة : فنجدها عند ايدوكس Eudoxe ، دون الكلام عن ارسطو Aristote . ولم تنفك هذه الموسوعية سائدةً في المدارس حيث توافقت مع تقسيم العمل الذي جُعِلَ ضرورياً بضخامة المعارف المتزايدة باستمرار .

وان نحن نظرنا ، على انفراد الى كل علم (فرع) في هذا الجذع القوي نلاحظ في كلٍ من هذه العلوم ، إضافةً إلى كل الفوارق والخصوصيات الناتجة عن سماته الخاصة ، وجود تقدم من ناحية التفسير ، ونفس البحث عن الأسباب ، ثم اختزال الوقائع إلى عدد صغير من المبادىء وكذلك نفس الانتقال من الخرافة الى العلم الوضعي .

وبعد تبيان الضرورة المنطقية ، وعمومية القاعدة اللتين ، تحققتا ، حتى ذلك الحين في حالاتٍ خاصة فقط ، عمد فيثاغور Pythagore وتلامذته إلى رفع الرياضيات إلى مرتبة العلم الليبرالي وأكثر من ذلك وبنوع من الالهام الابداعي ، رأوا الشمولية في تطبيقاتها العملية ووضعوها في المقام الأول من العلوم . وبعدهم لم يتورع ديمقريط Démocrite ، وهو يمجّد المعرفة التي كانت موضع اعجاب

المسّاحين المصريين ، عن اعلان نفسه مساوياً لهم على الأقل في « ما يتعلق بترتيب وتنظيم الخطوط مع يقينية التبيين » .

ولم يصبح علم النبات وعلم الحيوان ، المنبثقان عن فنونٍ مغرقةٍ في القدم مثل الزراعة وتربية المواشي والصيد البحري والبري ، إلّا بصورةٍ متأخرة موضوع دراسة علمية . وعلى كلٍّ ، وقبل نهاية الحقبة الهيلّلينية ظهرت مع إعمال ارسطو Aristote . وتيوفراست Théophraste تركيبات أخرى اقترنت بالتصنيف وهي محاولات أولى رائعة [عملت] في هذه المجالات من اجل السيطرة على ومن اجل تنظيم كنزٍ غني من المعلومات المتناثرة . اتبع الطب مساراً مشابهاً . ونراه ينبثق عن الشعوذة وينطلق من فنٍ مقدسٍ عند الشافي ، ليصل في مدرسة كنيد Cnide ومدرسة كوس Cos (وبخاصة في هذه المدرسة الأخيرة) إلى مفاهيم نظرية اصيلة وخصبة .

فالطبُّ والتاريخُ الطبيعيُّ والرياضياتُ التبيينية اعتبرتْ كلَّها وبحقٍ من الابداعات العلمية الجميلة في الهلّلينية . في هذه المجالات الثلاثة ، وراثةً عن تاريخٍ طويلٍ ، وتتبعاً لطرق مختلفة انما متوازية ، حقق الاغريق في زمن قصير نسبياً ، تقدماً مدهشاً فيما يتعلق بالمعارف وفي مناهج الفكر .

ولم يكن الأمر كذلك تماماً فيما يتعلق بالفيزياء وبعلم الفلك . إن الأنظمة الفلكية الكبرى في « العصور القديمة » تنتمي الى الحقبة الاسكندرية . أما فيزياء ارسطو Aristote ، فقد ظهرت عبر العصور ، وكأنها القسم الأضعف في عمله . وكان الاهتمام « بانقاذ المظاهر » أي بتوضيح الظاهرات والمعطيات التجريبية الحسية ينطلق عند العلماء ، في الحقبة الهللينية ، من رغبة في الفهم والتفسير . ولكن تفسير الأحداث يعني في أغلب الأحيان بالنسبة إلى العلماء، عرضها بشكل يجعلها تتلاءم مع متطلّبات ميتافيزياء مفترضة مسبقاً ، هذا إذا لم يطلب منها ان تتلاءم مع اطارٍ جامد لنظريةٍ مقررة بصورة مسبقة .

ومع ذلك ، فان هذا لا يقلل من واجب الأطناب بجهود الفيزيائيين والفلكيين الذين تتالوا من طاليس Thalès حتى ارسطو Aristote . أولاً لأن ملاحظاتهم واكتشافاتهم وحتى أغلاطهم اتاحت المجال لتقدم العلم لاحقاً ؛ وثانياً وبشكل خاص بسبب عبقرية وبسبب غزارة الفرضيات التي اطلقوها فيما يتعلق ببنيات الكون المادي المعتبرِ ، إن في كليته وأن في عناصره الأخيرة . وبسبب انعدام الحل (وهل هذا امرٌ ممكن اطلاقاً ؟) درست هذه المسائل على الاقل من قبلهم بعمق وطرحت بدقة .

الفصل الاول
الفيزياء والكوسمولوجيا [علم الكون]
من طاليس Thalès الى ديموقريط Démocrite

نلخص تحت هذا العنوان بدايات العلم الوضعي في العالم الاغريقي منذ الحقبة التي بدأ فيها يتحرر من الخرافة الى الحين الذي اخذ يتثبت فيها ، على يد الذريين في آبدير Abdère ، فرضيات ميكانيكية ومادية هي الأكثر تجذراً وتماسكاً. وقد شملت هذه الحقبة قرابة قرنين تعاقبت خلالهما عدة اجيال وعدة مدارس من العلماء ، تكتلت عموماً تحت تسمية « السابقة لسقراط » Présocratiques أي ما قبل « سقراط » . وكانوا جميعاً سابقين على سقراط Socrate باستثناء احدثهم ديموقريط Démocrite الذي تعتبر ولادته (حوالي 460/م) لاحقةً بحوالي 10سنين لولادة الفيلسوف الاثيني الكبير . ولا تتيح المعطيات التاريخية المتناقضة احياناً ان نصنف بدقة تتابع المدارس والرجال (الذين ينتمون ، البعض منهم ، مثل فيثاغور Pythagore ولوسيب Leucippe الى الأساطير بشكل كامل تقريباً) . ومع ذلك فقد اتفق رأي النقاد الحديثين ، مع التراث (مع بقاء هامش من التشكيك) حول الوقائع التالية :

في المقام الأول ، وفي بداية القرن السادس ظهر طاليس الميلي Thalès de Milet الذي يقع عصره الذهبي (Floruit) ، سنداً لابولودور Apallodore وسوسيكرات Sosicrate سنة 597 وولادته كانت قبل ذلك باربعين سنة . ويميلون اليوم الى تأخير هذه التواريخ بمقدار 10 سنين (585 و 625) وجاء بعد « طاليس » ميليزيان آخران : آناكسيموندر Anaximandre (عصره الذهبي سنة 570) وآنا كسيمان Anaximène (عصره الذهبي 546) . ومن الأفضل تفادي كلمة مدرسة بشأنهما ، لانها توحي بفكرة التنظيم الذي لا يعطينا شيوع وجوده (doxographie) أي سبب للظن بوجوده . وقد مرَّ كزينوفان Xénophane وفيثاغور Pythagore ، وقد ولدا معاً حوالي منتصف القرن السادس ، احدهما في كولوفون Colophon (شمالي ميلت Milet) والآخر في ساموس Samos ، بنفس التجربة حيث كتب عليهما ان يتركا الوطن ، بعد ان اجتاحه الفرس او هددوه ، فلجأآ إلى اغريقيا الكبرى (اغريقيا ـ اوروبا) وتأخر عنهما هيراقليط Héraclite d'Ephèse الايفيزي (عصره الذهبي 505) . وقد ثار الشك حول تاريخ ولادة بارمينيد Parménide ، مؤسس مدرسة ايلي Elée . وهو يتراوح بين 540(ديلز Diels ، زيلر Zeeller ، وريفو Rivaud) و 514 (آبل ري) Abel Rey .

وعلى كل حال تقع ذروة عطائه في النصف الأول من القرن الخامس أما ذروة عطاء تلميذه زينون Zénon فتقع سنة 460 - 450 . وكان امبيدوكل Empédocle من اكريجنت Agrigente ، واناكزاكور Anaxagore من كلازومين Clazomènes مُزامِنين لزينون Zénon .

وجاء بعدهم الذريون : لوسيب Leucippe ، الذي أُوْلِدَ ، لكي يُلْحَقَ بالمدارس السابقة ، إما في آبدير Abdère (وهي مستعمرة ميليزية) أو في ميلة Milet أو في ايلى Elée ؛ وتلميذه ديموقريط Démocrite الذي ولد في ابدير Abdère حوالي 460 . والنشاط العلمي والفلسفي عند ديمقريط يبدو انه بدأ حوالي 425 واستمر طويلاً جداً هذا اذا كان قد عمر طويلاً كما زعم مؤرخو حياته (ما يقارب من 104 الى 109 سنوات) .

ورغم الاختلافات العميقة بين عقائدهم وطروحاتهم ، فان هؤلاء المفكرين اليونان الأوائل يمكن حقاً ان يقسموا الى مجموعات . وهم يشتركون في انهم كانوا الاوائل في محاولة وضع تفسير عقلاني للعالم المحسوس ، وانهم اقترحوا ، حول بنية المادة وحول هيكلية العالم وهيكلية الكون فرضيات استخرجت ـ بصورة متزايدة الكمال ـ من معطيات ميتولوجية . وفي رغبتهم في التفسير الكامل ، واجهوا كل العلوم ، ولكن المسائل التي استرعت انتباههم بشكل خاص هي من جهة ، طبيعة الأشياء ، واصل المادة ، وتحولاتها وعناصرها الأخيرة . ومن جهة اخرى شكل عالمنا والقوانين التي تحكمه .

هوميروس Homère : ان الأساس المشترك الذي استقى منه هؤلاء المفكرون ، معطيات بناءاتهم الكوسمولوجية ، مع اغنائها بتجاربهم ، هو مجموع الأحداث الحاصلة بفعل الملاحظة ، وتفسيرات الطبيعة التي كانت في زمنهم من ملكية الأمة . ومنذ قرون عمد المزارعون ومربّوا المواشي والحرفيون والبحارة والقناصون والمحاربون الى تجميع ونقل ـ من أبٍ إلى ولد ـ سلسلة من المعارف المتعلقة بمميزات اطارهم البيولوجي ، وبافعال وردود افعال قوى الكون الفيزيائية . وقد دوّن قسم من هذه المعرفة الجماعية المشتركة في الأدب الأقدم الاغريقي ، وبخاصة في القصيدة الوطنية الكبرى التي هي الملحمة الهوميرية . وايضاً ان الشكل ، الأسرع بالنسبة الينا ، لكي نكوِّن فكرة عن مدى وعن نوعية هذا الإعلام السابق على العلم ، يقوم على استخلاص اهم سماته عند « هوميروس » .

فنجد في هذه القصائد اشارات الى نظام الأوزان والمكاييل :

يستخدم هوميروس « التالان » Talent وهو معيار قيمته تقريباً 30 كلغ (إلياذة IX ، 122 و 264 ، XXIII ، 269 ، أوديسة IV ، 129 ؛ IX ، 202 الخ)[1] .

واستعمال هذا الوزن كمعيار وزني يعود الى الحقبة الميسينية (نسبة الى mycenes) ؛ وفي الواح بيلوس Pylos يشار اليه برسمة الميزان . والى جانب « التالان » Talent الذي كان يستعمل بشكل خاص لوزن الذهب ، يذكر « هوميروس » وزناً آخر اسمه « ستاسموس »(Stathmos) وذلك من

(1) ان مراجعنا هي من الألياذة والأوديسة .

اجـل وزن الصوف (اليـاذة XII ,434) . اما وحـدة السعـة فكـانـت « المـترون » (metron) ، الـذي نجهل قيمته الحقة (الياذة VII ، 471 ، XXIII ، 268 ، الأوديسة II ، 355) . أما الأطوال فتقاس بـالذارع ، أو « البيغـون » (أوديسـة X ، 517 ؛ XI ، 25) ، وهنـاك البـاع أو الأورجيـا (اليـاذة XXIII ، 327 ، اوديسة IX ، 325 ؛ X ، 167) ؛ وهناك « البيليترون » وسمي ايضاً « بلترون » في الزمن الكلاسيكي حيث كان هذا المقياس يساوي مئة قدم (اليـاذة XXI ، 407 ، اوديسة XI ، 576) . ولتقييم المسافات الوسطى ، التي هي مضروبات البليتر ، لجأت البشرية الهوميرية الى قياسات قديمة ، خاصةً جداً مثل رمية الحجرة (الياذة III ، 12) ، أو مدى الصوت ، صوت رجل ، (اوديسة VI ، 294، والمرجع المذكور في اماكن مختلفة) . اما المسافات الكبرى فكانت تقاس بالزمن ،•وكانت الـوحدة يـوم السفر (الاليـاذة I ، 592 ؛ اوديسة XI - II ، وامـاكن اخرى) . وهنـاك القليل من الاشارات الى قياس المساحات . فبستان الكينوس مسـاحته اربعـة جيز (اوديسـة VII ، 112 ؛ ثم اوديسة XVIII ، 374) .

كان « هوميروس » يعلم ان صدمة الجسم الصلب تكون افعل كلما كان ثقله وسرعته اكبر ، فيما خص القذائف التي يرميها الانسان (الياذة III ، 307 و 357 ، VII ، 249 ؛ XII ، 457 ؛ XVI ، 290 ، أوديسة XI ، 484 ، X ، 121 الخ) . أو جذوع الأشجار التي تنقلهـا الأنهار (الياذة XI ، 492) ، وعـرف تسـارع سقـوط الاجسـام بفعـل جـاذبيـة الأرض (اليـاذة XII ، 137 ـ اوديسـة X ,121 الخ) . واشار الى الطاقة المتجمعة في الماء المتحرك في الأنهار (الياذة V ، 87 ، XXI ، 241 ، الخ) وفي مـوج البحر (اوديسـة ، III ، 298 ، V ، 327 ، 388 و 425) ؛ والقوى المتجمعـة في الريـح (الياذة ، XI ، 297 ؛ XIV ، 395 ؛ اوديسة III ، 295 ؛ V ، 382 ، الخ) .

أما الملاحظات حول حالة الطقس ، عند « هوميروس » فهي دقيقة جداً . وهي تتعلق بتكوين الغيوم (الياذة IV ، 275 ؛ XVI ، 364 ؛ اوديسة IX ، 67 ؛ XII ، 313 الخ) والعلاقة بين درجة الحرارة في منطقة ما من الفضاء ونظام الرياح (اليـاذة ، V ، 864 ؛ XI ، 155 ؛ XVII ، 736 ؛ اوديسـة XIV ، 473 ، الخ) ، وظـروف تكوين التـرسبات (اليـاذة V ، 91 ؛ X ، 5 ؛ XIX ، 357 ، XXII ، 151 ، الخ) ، والعلاقـة بين ذوبـان الثلج في الأعالي وفيضـانات الأنهار (اوديسـة XIX ، 205) ؛ والعواصف ومظاهرها البصرية والسمعيـة (الياذة VIII ، 133 ؛ XVII ، 593 ؛ اوديسة XII ، 387 ، الخ) . وفي الكون السمعي عند هوميروس تتمايز الأصـوات بزخم الصـوت (اليـاذة V ، 786 ؛ اوديسة ، XIV ، 492 ، الـخ) ،.وبالارتفاع (الياذة 11 ، 222 ؛ XVIII ، 70 ، اوديسة XII ، 183 ، الخ) ثم بـالغنة (اليـاذة ، 1 ، 604 ؛ V ، 785 ؛ XVIII ، 219 ؛ اوديسة V ، 61 ؛ XII ، 187 ، الخ) . وقدمت له مشـاهد المعـارك والغرق الفـرصة لكي يصف الشروط الفيزيائية لولادة الأصوات : قعقعة السلاح المعـدني ، رنين أوتـار القوس ؛ طيـران الأسهم المرن ؛ مرور الريح والتيارات الهوائية عبر المضائق ، واستوحى بناء ادوات الموسيقى التي اشار اليها هوميروس ، والتي عرف معظمها في حضارات الشرق الأدنى من هذه الملاحظات وتأثيرها على انتـاج الأصوات . وكان الصوت يعتبر حقيقة أو شيئاً حقيقياً يتحرك عبر الفضاء (الياذة X ، 137 ؛ اوديسة

XVII ، 261 ؛) أو كقوة قادرة على زعزعة الحواجز وعلى « ضرب الآذان » (الياذة XVII ، 263 ، XXI ، 9 ؛ اوديسة XII ، 240 الخ) . ثم عرف الشاعر الرجع أو الذبذبة (إلياذة II ، 333) .

وتتضمن القصائد الهوميرية عناصر من الترموديناميك أو التحرك الحراري البدائي ـ الذي يتذكره السابقون على سقراط Socrate ـ في مذكراتهم المتعلقة بانتاج الحرارة والنار بفعل الأفعال الميكانيكية (اوديسة XII ، 173) وبالعكس ، والمتعلقة بمفاعيل الذوبان والتبخر (الياذة XVIII ، 474 ؛ XXI ، 365 ؛ اوديسة VI ، 231 ، X ، 358) ثم بالقوة المحركة للنار (الياذة ، V ، 864 ؛ XI ، 155) .

أما الضوء بالنسبة الى « هوميروس » فهو شكل من النار ، كما هو بالنسبة الى هيرقليط Héraclite ، وامبيدوكل Empédocle وافلاطون Platon (راجع فصل II و VI من الاوبتيك) . والطبيعة النارية للضوء مؤكد عليها (الياذة V ، 4) . أما الضوء فتقذفه ينابيعه مثل القذيفة (الياذة XIII ، 244 ؛ XVII ، 27) . أما اشعاع النور فلا يتعب وهو قوي ومستمر (الياذة V ، 4 ، XVIII ، 225 ، 484) ، وهو مرئي من بعد بعيد (الياذة II ، 456 ؛ X ، 153 ؛ XVIII ، 214) . وليس من المؤكد أن يكون « هوميروس » قد عرف طبيعة النور المعكوس . وانعكاسات الشمس على الأوجه اللماعة من الأسلحة عُرِضَت وكأنها نور ينبثق عن المعدن بالذات (الياذة XVII ، 206 ، XXII ، 317 ، الخ) ؛ ونحاس الدروع . يقذف بالبروق حتى في ظلام الليل (الياذة X ، 153) .

اما عيون الكائنات الحية فتحتوي مادة نارية تشع في النظر (الياذة I ، 104 ، XV ، 607 ؛ XIX ، 365 الخ) شرط ان تكون الأشياء المرئية غارقة في نور النهار أو مضاءة بكواكب الليل . وهذه العملية في الادراك البصري هي من بين كل سمات الفيزياء القديمة عند هوميروس ، هي التي أُهِلَتْ لأن يكون لها المستقبل الأطول . (راجع فصل II ، IV ، اوبتيك) .

ونلاحظ عند هوميروس محاولاتٍ منهجة الظاهرات الفيزيائية . وقد سبق ان عرف شكلاً بدائياً من التفاعل الدوري ، ولكن دوراته تتضمن كلها ، في تسلسل اسبابها ومفاعيلها الألوهية كقوة محركه . والدورة الموصوفة في (الياذة XVI ,384) . مزروعة بالافعال وردات الافعال التي منها : جحود شعب من الشعوب ، نقل خبر هذا الجحود بواسطة النور الى زوس Zeus ، ثم قيام زوس بارسال مطر غزير وفيضان في الأنهار بفعل هذا المطر ، وتدمير أبنية السكان واعمالهم بعنف المياه التي سببتها هذه الأمطار . وبفعل الزمننة التدريجية ، فان هذه الدورات النصف فيزيائية والنصف الهية عند « هوميروس » تصبح دورات إعادةٍ وبعثٍ ، في الزمن القصير والطويل ، في أنظمة « السابقين على سفراط » .

ونحن نهمل بصورة مؤقتة مقدّماتهم في المجالات الأخرى ، ونكتفي فقط ، ولمزيدٍ من الإيضاح ، بالنظر ، مداورةً ، إلى نظامي المسائل اللذين يدخلان في الفيزياء ، بالمعنى الواسع للكلمة ، ولكنا نميز المحاولات الأولى حول نظريةِ المادة ، وبين اولى الخطوات في علم الفلك .

I ـ مسألة العنصر الأول ومسألة الصيرورة

طاليس Thalès : بحقٍ سمي اوائلُ المفكرين الميليزيين ، الذين حاولوا الاجابة على عدد من المسائل التي أوحى بها منظر الأشياء ، بالفيزيائيين والفيزيولوجيين ، لأن حقل تجاربهم لم يكن غير الطبيعة أو الفيزياء . ومن بين المسائل العديدة التي اجتذبتهم ، كانت مسألة تحولات المادة . والعالم الذي تراه حواسنا ليس له شيء من الثبات أو الديمومة . ولا شيء فيه يستعصي على الفناء، إن الأجسام تفنى ، وفي بعض الأحيان تفنى العناصر نفسها ، أو تتحول تحولاً جذرياً . فالتبخر والإحتراق وتفجر الماء من الأرض أو من السماء هي مسائل محددة ومألوفة ، لا تفسر في نظر الإنسان البدائي إلا بعجيبة أو بعملٍ سحري . ولكن ألا يُمْكِنُ إعمال العقل البشري في عملية التحوّل ؟ .

إن جرأة الميليزيين تكمن في ايمانهم بهذه الامكانية . ومع طاليس Thalès توضحت المسألة وطرحت بهذا الشكل : ما هو العنصر الأولي ؟ العنصر المولّد ؟ هناك العديد من الأجوبة تقدم . ولكن شكل المسألة لم يتغير منذ زمنٍ بعيد .

يرى طاليس أن العنصر الأول هو الماء . وهذا الجواب كما لاحظنا يقترب من الخرافة القديمة خرافة الولادة من المحيط . ولكن طاليس يبدو أنه يتجرد من هذه الأسطورة ، وإن هو تذكرها فمن أجل مقارنتها بملاحظات محددة ، فالرطوبة هي اصل الحياة ، والرطوبة مخصبة ، وضرورية للإنتاج أو الإنبات . وكل شيء يبتدىءُ من هنا وليس الحياة فقط . فالماء يعطي الحياة للعناصر الأخرى . وتجمده يعطي اجساماً صلبة . وعن طريق التبخير يتحول الى هواء والهواء يولد النار . والماء مبدأ واصل كوننا وهو ايضاً الدعامة : فكتلته اللامحدودة تحيط بالعالم من كل الجهات . وبهذا الشأن لا يسمح تصنيف (doxographie) طاليس Thalès بأي شك : فالأرض محمولة على الماء . والكون مدعوم بالماء . ونار الشمس والكواكب ، والعالم بأكمله يعيش على تبخر المياه .

آناكسيماندر Anaximandre : إن مشكلة اساس الكون ، التي هي بذات الوقت مشكلة النشأة الأولى ، ومشكلة المادة الأولى لمختلف الأجسام التي تؤلف الكائن الحساس ، يعطيها آناكسيماندر جواباً له مع جواب طاليس مشابهات أكيدة وفروقات عميقة . وآناكسيماندر مثل طاليس يعترف ، في اصل الأشياء ، بمبدأ اول ماديٍّ . فهو يؤكد مثل طاليس ان هذا المبدأ الجوهري والاساسي هو لا نهائي وهو يتسع بدون حدود الى ما وراء ما يسمى بالكون . والعوالم ، وليس العالم فقط ، تتكوّن بداخله . فهي تنبثق عنه وتتغذى به . ولكن هذا المبدأ الأول ليس الماء ، ولا هو الهواء ، كما يقول آناكسيمان Anaximène فيما بعد ، ولا هو اي جوهر آخر . يقول تيوفراست Thèophraste ان آناكسيماندر يزعم ان السبب المادي والعنصر الأول في الأشياء هو : « آبيرون » (apeiron) أي السبب المادي وكان اول من سمى « السبب المادي » بهذا الإسم . ومن الصعب ترجمة كلمة « آبيرون » . لأن هذه الكلمة تشمل معنيين اللانهائي واللامحدد ـ الذي لا يحدّه حدّ ولا يتعين بعين . و« الآبيرون » ، كما يفهمه آناكسيماندر Anaximandre يشملهما معاً . ولا نهائية

« الآبيرون » في الزمن كما في الفضاء ثابتة تماماً في جدول التصنيف. يقول آناكسيماندر ان السبب الأول هو الأزلي وهو يحيط بكل العوالم . وهكذا تستدعي فكرة السبب الأول تصوُّرَ ضخامةٍ لا حدودَ ولا نهايةَ لها ، واسعةٌ بحيث تولد وتحيط بعدد غير محدود من الأكوان . وهذا التصور العظيم ولكن البسيط ، يتعقد منذ ان تعطي كلمة « آبيرون » معناها الثاني ، أي اللامحدد واللانهائي .

ومنذ العصور القديمة لم تنفك قيمة هذه الكلمة عن ان تكون موضوع مناقشة . فغير المحدود قد يعني « اي شيء » : .« فإذا قبلنا بامكانية الانتقال والتغيير بين الجواهر ، بحسب قول برونت Brunet وميلي Mieli ، يصبح الاختيار بين هذا العنصر البدائي أو ذاك غير ذي معنى تماماً » . ولكن بحسب قول تيوفراست Théophraste ، يصرح آناكسيمندر Anaximandre بان الجوهر الأولي ليس لا الماء ولا أي عنصر من العناصر المزعومة ، بل جوهراً مختلفاً تماماً عن هذه العناصر . هذان التفسيران المتعارضان تماماً : الأول يشبه « الابيرون » بأي عنصر من العناصر ، والآخر يشبهه بعنصر مختلف عن كل الأشياء ، يضاف اليهما تأويل ثالث بموجبه يرتدي « الآبيرون » معنى شبيهاً بالخواء . فالآبيرون يتضمن كل العناصر . وكل الأشياء تندمج فيه وتضيع فيه . وهو مصدر الأشياء كلها ، لأن العوالم تولد من تنظيم هذا اللآنهائي المشوش . كتب سامبليسيوس Simplicius : لا يعزو آناكسيمندر Anaximandre اصل الأشياء الى نوع من التغيير في المادة ولكنه يقول ان التناقضات في الهيولى الأولى . . . قد تفارقت » (فيزياء ، 150 ، 20) . هذه الجملة (التي يتوافق معها الكثير من معطيات التصنيف) توحي بانه داخل الآبيرون تتواجد كل العناصر انما متعارضة (اي مشوشة وغير منظمة) ، وان العوالم ، (وهي اكوان عضوية) تنشأ من تفارقها .

آناكزيمان **Anaximène** : ان الحل الذي قدمه آناكزيمان لمسألة المبدأ الأول يبقى ضمن خط التأمل الميليزي . فنحن دائماً امام هيولى أولية محيطة بالكون ومولدة لكل الأجسام المحسوسة . هذه الهيولى اللانهائية والعارية من الشكل كانت تسمى في بعض الأحيان كما عند آناكسيمندر باسم « الجوهر » . ولكن هذه التسمية ليست اسماً بقدر ما هي صفة أو نعت . لأن آناكزيمان ، وقد عاد الى مفهوم اقرب الى مفهوم « طاليس » ، اختار عنصره الأول بين العناصر التي تقدمها التجربة . إن آناكزيمان المسمى بلوتارك Plutarque المزور أو المزعوم يرى ان الهواء هو العنصر الكوني . هذا الهواء غير المحدد في نوعه ، يتحدد بصفاته وميزاته . لقد رأينا في نظام آناكزيمان تراجعاً بالنسبة الى نظام آناكسيمندر ، وعودة إلى طاليس . ولكن على صعيد آخر يبدو التقدم اكيداً : تقدم في المنهج وتقدم في التفسير وتقدم في الوضوح . فوحدة المادة مؤكدة بشكل اكثر جلاء . وعملية تحولاتها موصوفة بشكل اكثر دقة . ويربط آناكزيمان هذه العملية بالخفة وبالتكثيف وهي عمليات ترتبط بتحولات في الحرارة وفي البرد : فالهواء حين يتمدد وحين يتكثّف يظهر باشكال متنوعة . . . وعندما يتمدد بما فيه الكفاية فهو يحدث النار . . . وعندما يتكثّف يحدث الماء . وبدرجة اكثر يحدث الأرض وفي اعلى درجات التكثف يصبح الهواء حجارة . وفيما بعد عاد ديوجين Diogène الابولوني (القرن الخامس) إلى فكرة آناكزيمان حول الهواء كمبدأ أول ولا يضيف عليها شيئاً .

كزينوفان Xénophane : من مميزات كزينوفان انه سحب من نظريات الميليزيين ، سابقيه ، كل النتائج المنطقية الموجودة فيها فيما يتعلق بالمجال الديني . والمسائل التي تهم الفلسفة وتهم الدين لن تعالج هنا . إلّا أن الموقف الذي اتخذه كزينوفان Xénophane ضد تعدد الآلهة يمكن ان يعتبر كمكسب في الفكر العلمي . وفكرة الهيولى الأولى ، بعد التأمل فيها بعمق ، قادت كزينوفان الى تصور الواحد المجرد ، الى الواحد المطلق ، بدون الالتجاء الى المعنى الحسي (كما هو الحال عند الماليزيين) ، بل هو طرح يتجاوز المحسوس بنوع من الجهد العقلي . وبدقة منطقية صارمة ، يؤكد كزينوفان ان الواحد يملأ الكون ، أو بصورة أوْلى يختلط به ويمتزج به ـ انه الله . انه يتضمن المتعدد ويسمو ويتعالى على التناقضات . ومن هنا تفسر ازلية الكائن وتتالي المظاهر ، وأبدية الكون وصيرورته . ان نظرية كزينوفان تعتبر حدثاً حاسماً في تاريخ الفكر وتفتح الطريق ، امام الفيثاغورية من جهة ، (كما تفتح المجال امام كوسمولوجية مؤسسة على اعتبارات المتعدد وتناقضاته) ، ومن جهة اخرى امام الإليائية Éléatisme . [نسبة إلى مدرسة Elée التي تجعل من الكائن عنصراً مطلقاً] . نفهم ، ان نحن فكرنا بالواحد البارمنيدي ، كيف رأى « افلاطون » و « ارسطو » في كزينوفان مؤسس مدرسة إيلا Elée المرتبطة بايونيا Ionie ، ككل المدارس الكبرى العلمية . والفرق الأساسي بين الرؤية الكونية عند كزينوفان والرؤية الكونية عند الميليزيين الأولين ، يقوم على انكار كل (آبيرون) ، ونفي القول بكل لا متناهٍ مجاورٍ ، حيث يتولد الكون ويتغذى ـ وحيث « يتنفس » . كما يقول الفيثاغوريون فيما بعد . لا شيء موجود ابعد من كرة الكون الكاملة : « ان الكون لا يتنفس » . وهذه العبارة التي ولدت الكثير من النقاش تترجم الفكرة الأساسية للكوسمولوجيا عند كزينوفان .

الفيثاغوريون : لا يذكر ارسطو فيثاغور Pythagore : وهو لا يتعرف إلّا على الفيثاغوريين . ونحن نقتدي به دون ان نبحث في وجود شخصية يعتبرها البعض اسطورية، وان كان ، في الواقع كل اعضاء المدرسة القديمة يحيلون عليه اعمالهم ومكتشفاتهم .

في المجال العلمي الذي يهمنا هنا انصبت جهود الفيثاغوريين على الرياضيات قبل كل شيء . وفي مجال الفيزياء تكمن إصالة الفيثاغورية في الأهمية الأساسية المعطاة للتناقضات . لقد تعرضنا لهذه الكلمة عند الكلام عن كزينوفان . ولكن التناقضات عند كزينوفان لا تبحث الا في الصيرورة ، فهي تتعالى مع الواحد الأحد . اما الفيثاغورية فترفض كل حل توحيدي . وهي تترك الرسيمة الميليزية القائمة على هيولى اولى اساسية ، وتقدم المثل الأول لنظرية ثنائية واضحة . ونعرف جدول « التناقضات » ، وعددها عشرة : خمسة منها رياضية : (محدود ـ غير محدود ، مفرد ـ مزدوج ، واحد ـ متعدد ، مستقيم ـ معوج ، مربع ـ خارج على القياس) . وهكذا ادخلت التعددية في جوهر الكائن ، وقامت فيزياء اصبح فيها العدد هو الأساس أو نموذج الأشياء .

سيقول « ارسطو » فيما بعد ان الأعداد هي بالنسبة الى الفيثاغوريين العناصر المكونة للمادة . وهذا التصور ، إذا اضيف الى التفضيل الذي اعطاه الحساب الفيثاغوري القديم الى العدد السري والى الكميات غير المتتالية افسح المجال للقول بان هذه « الذرية » الرياضية تقابلها ذرية فيزيائية ، هي رسيمة أولى لعقيدة سوف تطورها بدقةٍ اكبرَ مدرسةُ آبدير Abdère .

ونحن نميل الى الاعتقاد بان المادة ظهرت في اعين الفيثاغوريين وكأنها تركيب من العناصر الأخيرة الموزعة في حقل فارغ . كتب « ارسطو » يقول : يقول الفيثاغوريون بوجود الفراغ ويقولون ان الفراغ في السماء نظراً لأنها تتنفس النسمة اللانهائية وان هذا الفراغ هو الذي يحدد الأشياء . ومهما كان هذا التأويل افتراضياً فانه لا يقل تمشياً مع روح المدرسة . وعلى كل ان « الفراغ » عند الفيثاغوريين ليس فراغاً مطلقاً كما هو عند « ديموقريط » . انه يشبه الهواء ، ويبقى مادة محيطة يتنفس العالم بداخلها ، انه مادة ليست بعيدة عن الاستمرارية ، وهي تندمج في لا استمرارية الأشياء الأخرى المحسوسة . ولهذا اعتبرت كلمة كزينوفان Xénophane « الكون لا يتنفس » انتقاداً غير مباشر موجه إلى الفيثاغوريين .

هيراقليط Héraclite : تميّز هيراقليط الافيزي الملقب بـ« الغامض » بالعنف في محاربة نظريات سابقيه ومعاصريه وكان هذا الرجل الفريد قد جعل من الحرب احدى المذاهب المسيطرة في كونه كما كان بنفسه مناظراً باكثر ما في هذه الكلمة من معنى . ومعروفة سخرياته ضد هزيود Hésiode ، وفيثاغورPythagoreوكزينوفان Xénophane . وفيما خص فيثاغور كانت سخرياته بالنسبة الينا حجة ذات وزن للدلالة على الوجود الفعلي لهذا السامي (Samien) الكبير : وهي تكون بدون معنى لو أنها كانت موجهة الى شخصية وهمية .

ورغم الاحتقار الذي توحيه اليه ، العقائد الأخرى ، فإن هيراقليط Héraclite مدين لها بالكثير . فهو مرتبط بالمدرسة الميلزية ، لا بأصوله فقط ، بل باختياره لعنصرٍ أوَّلي : النار . ويعزى إليه هذا الرأي ، وبعض اجزاء كتبه التي وصلت الينا ، تدل عليه : « إن الصاعقة تحكم الكون »(الجزء 64) « كل شيء ينقلب الى نار والنار تنقلب الى اي شيء » (جزء 90) . ومن الملحوظ ذي الدلالة ان العنصر الأول هو العنصر الأكثر تحركاً والأكثر زوالاً . ولا يكتفي « هيراقليط » بالتأكيد على امكانية تحول العناصر بعضها الى بعض ، بل هو يعزو الى هذا التحول اهمية حاسمة . ويصبح هذا التحول بالنسبة إليه القانون الكبير في عالم ليس فيه شيء مستقر . كل شيء يتحول باستمرار لا شيء يدوم إلا التغير فقط . وبهذا الشأن تكثر المراجع في المصنف وهي متوافقة تماماً : « موت النار ، ولادة الهواء . . . » ؛ « نحن ننزل ولا ننزل في نفس النهر » ؛ « الطريق فوق والطريق تحت واحد » . . . الخ . والفيزياء (أي الوصف والتفسير لهذه التغيرات الدائمة) هي فيزياء المتناقضات . وهي تبدو قريبة من فيزياء الفيثاغوريين ولكنها ترتكز على عقلية اخرى . ان المتناقضات ليست متكاملة بل هي حقاً متعادية . ان الحرب هي شرط الوجود والصيرورة . فضلاً عن ذلك ان هذه الحرب عبث لا طائل تحته لأن التناقضات التي تتصارع ، هي اشياء عارية عن اي سبب معقول : « إن الطريق المستقيم والمعوج هما نفس الطريق » . « والخير والشر هما كل واحد » وسخرية الفيثاغورية هنا اكيدة ظاهرة) . واذا كان في هذا الخضم الواسع اللامتوقف من خلط العناصر ، إذا كانت النار ذات اهمية خاصة ، فذاك لأن كل شيء يعود اليها وانها فيها يتوحد المختلط والمختلف . وانتصار النار يدل على نهاية « الحرب » : ولا يوجد وفاق وسلام إلّا في الاشتعال العام . ثم انطلاقاً من النار كل شيء ينطلق من جديد ، فالنار تولد الهواء والماء والأرض التي صراعاتها واضطراباتها لا تنتهي الا باشتعال جديد . هذه العودة الدائمة والدورية هي وحدها قاعدة الكون .

الالياتيون Les éleates : ترتبط هذه المدرسة ـ الايتالية [القديمة] مثل المدرسة الفيثاغورية ـ ايضاً بأيونيا Ionie ، [المناطق الشاطئية من تركيا] بجذورها البعيدة (زينوفان) Xénophane ثم بآخر من مثلها من المعروفين (مليسوس Mélissos من ساموس Samos ، النصف الثاني من القرن الخامس) . وهناك رجلان شهيران يسيطرنان على هذه المدرسة هما بارمينيد Parménide وزينون Zénon .

وقد سار بارمينيد ، الى آخر الحدود بفلسفة الواحد التي رسم خطوطها زينوفان . ونحن لا نخرج من موضوع الواحد ، انما نطرحه بشكل آخر . في الأصل لا نجد عنصر انتقال أو تحول او تفريق ، بل شيئاً يستمر وراء كل المظاهر ، والذي هو الحقيقة الوحيدة ذلك هو الكائن في مواجهة غير الكائن . ولا ينكر بارمينيد ان المظاهر لها قوانينها وانها قد تكون موضوع تفكير أو موضوع علم . وفيزياؤه تقدم مع فيزياء الفيثاغوريين مشابهات ملحوظة (ويمكن ان يقال نفس الشيء عن نظامه حول العالم) ، ولكن وجهة نظره تبقى رغم ذلك متعارضةً مع وجهة نظرهم لأن الفيثاغوريين يرَون ان التعددية موجودة ، وان العدد هو نموذج الأشياء في حين ان برمينيد Parménide يرى ان الكائن والواحد يختلطان . وما يعطه للعقائد الأخرى لا يعود في نظره إلّا الى علم الوهم . ومقدِّماته هي ميتافيزيكية اكثر مما هي علمية ، وتقوم بشكل خاص على تفريق اولي ودقيق بين المحسوس والمعقول . ولكن هذا التمييز يدخل في تاريخ العلوم ، سواء في انعكاساته المنهجية كما في كونه فكراً ينظر في موضوع المبدأ الأول .

ويبدو برمينيد وكأنه جدُّ كلّ العقائد التي تقارن بين المحسوس والمعقول (أو المتعدد مع الواحد) كما في تعارض « اللاكائن » مع الكائن . وقد لحق به زينون في نفس الطريق وطور مفاهيمه ببراعة قيل انها تصل الى حد «السكر» . ودائماً انطلاقاً من مسائل التوحيد والصيرورة تعمق في تفسير الظاهرات وبقول آخر في قيمة وفي امكانية علم للطبيعة ، والمفارقات التي جعلته شهيراً لا تحتاج بان نذكرها هنا . انها « محالات » ، أي ، حرفياً ، « مصاتم » . وسواء تعلق الأمر « باخيل » Achille ، [بطل الاليادة] أو بـ« فليش » Flèche أو بـ« ستاد » Stade ، كلها تنزع الى اثبات استحالة الحركة والصيرورة منطقياً . وإذا كان الزمن والمكان اشياء قابلة للقسمة الى ما لا نهاية له ، فان المتحرك لا يمكن ان يبلغ نهاية شوطه ، إذ لكي يصل الى ذلك يتوجب عليه اولاً قطع نصف الطريق ثم نصف الباقي ثم نصف الباقي وهكذا الى ما لا نهاية له (برهان آخيل) . وان نحن قبلنا بالعكس اي بتوقف الانقسام في لحظات وفي مسافات دنيا ، فاننا نصطدم بمصاعب اخرى لا تقل اعجازاً (برهان ستاد) . والعدد والفضاء والزمن والمادة لا يمكن التفكير بها منطقياً لا كأشياء غير قابلة للقسمة ولا كأشياء مقسومة الى ما لا حد له . وفي الحالين ننتهي الى مِصَدّ أو « محال » . وعندما نقول حركة وتغيير وحركة وصيرورة فاننا نسمي اشياء تقع تحت حواسنا ، ومفاهيمنا مألوفة لدينا ، ولكن العقل لا يستطيع تصورها أو قبولها . انها مجرد مظاهر خادعة . وتأثير الحركة الالهائية [نسبة الى فلاسفة مدرسة Elée] على التطور اللاحق للفكر العلمي كان ضخماً ، ليس فقط في مجال الرياضيات بل في مجال الفيزياء ويستحيل بعد ذلك استبعاد تصادم التجربة الحسية مع مقتضيات العقل ، كما انه من المستحيل التغاضي عن رؤية ان كل علم للكائن

وللطبيعة (وكل فيزياء بأوسع معاني الكلمة) يجب ان يوفق بين تجربة تتناول الظاهرات وبين قواعد فكر منظم لا يمكن تجاهل قوانينه .

امبيدوكل Empèdocle : نجد عند امبيدوكل بقايا من الفيثاغورية والهيراقليطية : من الفيثاغورية Pythagore : بمقدار ما تكون التعددية مقبولة في مبدأ الكائن . ومن الهيراقليطية ، بالمعنى القائل بان صيرورة العالم تعتبر كمأساة ، وكمأساة دورية تتجدد باستمرار . ويرى امبيدوكل ان الأعيان الأولى او الجواهر عددها اربعة ، الماء والهواء والنار والأرض ، أي العناصر الأربعة أو بحسب تعبير امبيدوكل «الجذور» الأربعة للأشياء . وقد عقب كثيراً على اختيار العدد اربعة . وهي نوع من المقارنة مع الرباعية الفيثاغورية أو الرغبة في مطابقة كل عنصر من العناصر مع واحدٍ من الأجسام الأربعة المنتظمة والمعروفة يومئذٍ (المربع الأوجه ، المكعب ، المثمن ، ثم ذو العشرين وجهاً) . وليس لنا ان ندخل في هذا النقاش الذي يتناول معطيات احتمالية ظنية . والشيء المؤكد ، هو انه يجب رد نظرية العناصر الأربعة الى امبيدوكل ، وهي بداية نظرية في الأجسام البسيطة التي تكفي امتزاجاتها لتوليد كل شيء . ونحن نعرف اشياء ايضاً ، وبفضل اجزاء متبقية ، [من كتبه] عن اسلوب هذه الترتيبات وحول القوانين التي تحكمها . فهي محكومة بقوتين متعارضتين يسميهما امبيدوكل بطريقة شعرية « الحب » و« البغض » : عملية الجذب وعملية الدفع اللتين كان فوزهما المتبادل يتحكم بالأزمنة الأربعة في الدورة الكوسمية : سيادة الحقد (العناصر تنفصل) . والانتقال من الحقد الى الحب (العناصر تتقارب وتتمازج) . وسيادة الحب (تمازج منسجم محقق ، عالم كامل) ؛ والعودة الى الحقد (كره ، تحلل) ؛ حب وكره ، تركيب وتحلل كلها سبب في كل تغير ، وتعطي فكرة عن الصيرورة . اما العناصر الأولى او (الجذور الأولى) فهي مما لا يقبل التحول والتغيير ، انها ابدية . هذا المظهر من العقيدة يوحي بالذرية . ولهذا ليس من العجب ان يكون لوكريس Lucrèce قد اعجب بامبيدوكل وان يكون قد ربط اسمه باسم ابيقور Epicure .

آناكساكور Anaxagore : قدم آناكساكور لموضوع الهيولى حلاً جديداً وأصيلاً ، كردة فعل ضد فكرة امبيدوكل Empédocle حول العناصر البسيطة وضد « الحسابية » (Arithmetisme) الفيثاغورية . وكان المفكر الاقرب اليه هو اناكسيمندر Anaximandre ، إذ نجد عنده الخَوَاء الأوَّلي الذي منه انطلقت الاعاصير في العوالم .

وهناك مبدآن كبيران يستعملان كأساس لفيزيائه : الانقسامية اللا متناهية في المادة ، وعدم تحطيمها : « في كل ما هو صغير ، لا يوجد درجة اخيرة من الصغر ، بل دائماً يوجد شيء اصغر » (جزء 3) : « لا شيء يولد ولا شيء يفنى بل اشياء قائمة تتمازج ، ثم تنفصل من جديد » (ج 17) أول هذه المبادىء يتعارض تماماً مع كل فيزياء من النمط الذري . وعملاً بالمبدأ الثاني ، ترفض ايضاً فكرة الولادة المطلقة . ومن جهة اخرى لا يقبل آناكساكور لا بالتحولات في الهيولى الأولى المولّدة لكل الأشكال الأخرى (وفقاً لطريقة الميليسيين الأولين) ، ولا تكوين عدد محدود من الأجسام البسيطة (وفقاً لاسلوب امبيدوكل) . وانه يرى ان جواهر الأجسام المتعددة التي تقدمها الطبيعة لتجربتنا الحسية

موجودة منذ الأزل بصفاتها الخاصة التي لا يقضي عليها اي تقسيم . فالعظم المسحوق الى بودرة (أو إلى اجزاء اصغر بحسب القدرة) يبقى دائماً عظماً . هذه الأجزاء من العظم أو من اي مادة اخرى، لما كانت دائماً هي ذاتها متشابهة فيما بينها ، مهما كان صغرها ، سماها ارسطو Aristote « المتجانسة ابداً » (homéoméries) . ولكن هذه الكلمة لا توجد في (اجزاء آناكساكور) ، ومن غير المحتمل ان تكون هذه الكلمة قد استعملت من قبله . فهي توحي بفكرة الأجزاء التي تشبه الذرات ، والتي يتعارض وجودها مع عقيدة آناكساكور .ويتوجب التصور ان مختلف الأجسام قد تكونت ، انطلاقاً من الخواء الأول ، بفعل تجمع الجزئيات من نفس النوع ، بحيث يَسْعى المشابهُ للإقتراب من شبيهه . وهناك شيء من هذا في نظام آناكساكور. ولكن يجب ان لا يغيب عن البال مبدأ التقسيم اللامتناهي- وان كل جُزيءٍ من المادة (مهما كان صغيراً) يتألف من عدد لا متناهٍ من العناصر. ولكن هذه العناصر ، قلما كانت متشابهة كلها بل بالعكس لقد كانت متنوعة إلى اقصى الحدود . والجسم المادي لا يتألف من عناصر متشابهة : إنه يتضمن كل العناصر . ولكن الغلبة في احد هذه العناصر هي التي تحدده وتعرِّفه وتعطي فكرة عن صفاته بحيث ان كل شيء موجود في كل شيء ، داخل الكون المتطوِّر كما هو في داخل الهيولى الأولى أو الصلصال الأول . وحدها النِّسب تتغير . وداخل الخواء ، حيث كل شيء غموض وضياع لا توجد اية صفة يمكن تمييزها . كل سيء يبدو بدون لون في حين ان في العالم المنظم يسعى الشبه للاتحاد بشبهه وتتحدد مجموعات الصفات ، وتتكون الأجسام . وتبرز اخصابية وإصالة هذه الآراء ، ان الخواء الأول لم يعد « الآبيرون » غير المحدد الذي قال به آناكسيمندر : انه موضوع فكر ، وهو بشكل من الأشكال ، موصوف .

أما عملية التنظيم فهي نتيجة عمل الروح ، (أي بصورة اكثر مادية انها نتيجة النسمة) وهي تبدو ، في مرحلتها الأولى ، بمظهر الاعصار أو الدوامة . وهنا تكمن الناحية الحيوية أو (الديناميكية) في النظام .

الذريون : دعا الذريون مثل كل علماء الفيزيولوجيا الى ديمومة المادة . وهم في كثرتهم يؤكدون على وحدتها الهيولية . ولكنهم فضلاً عن ذلك ، وهنا الوجه المميز في عقيدتهم ، نادوا بعدم انقسامية عناصرها الأولى . وان نحن أوغلنا ـ الى ما وراء الصغريات المحسوسة ـ في قسمة شيء ما مادي فإننا نحوله الى جزيئات متقطعة غير قابلة للتقسيم هي الذرات . وحتى لو سلمنا ان الفيثاغوريين قد توقعوا شيئاً من هذا ، فبالامكان القول ان هذا التصور جديد بمعنى انه لم يعلن عنه بوضوح . ولكن هنا نجده صريحاً واضحاً انما مطوراً ومصاغاً بشكل مبدأ اساسي ضمن نظريةٍ حول المادة ، والكل يعرف نجاح هذا النظام الذي اعتبرَ احياناً وكأنه الطريق الوحيد المؤدية الى علم وضعي للطبيعة ، وان كان في اغلب الأحيان قد اعتبر كبناء ميتافيزيقي عبثي . هذا الحكم القاسي يُفَسَّرُ بان النظرية الذرية تبتعد عن الملاحظة وعن التجربة إذ من خصائص الذرة انها لا تقع تحت الحس .

هناك رجلان ربطا اسميهما بهذه العقيدة : لوسيب Leucippe الايلي [من Elée] أو الميلي [من Milet] ، وهو شخصية نصف اسطورية ، ثم تلميذه « ديموقريط » الأبديري [من Abdère] الذي عرفت حياته بصورة افضل والذي وصل الينا تأليفه بشكل اجزاء متعددة .

ويتألف العَالَم الـديمقريـطي من ذرات ومن فراغ . واوحى الينـا علم « الحساب ـ الهنـدسي » الفيثاغوري ـ حيث كل « عدد ـ نقطة » محاط بحقل ، (لأن الأعداد هي نماذج عن الأشياء) ـ بهـذا العالم الحسي . ولكن الفراغ عند الفيثاغوريين كان ايضاً مادياً : فقد كان الهواء ، (أو النسمة) حيث يسبح كل شيء . في حين ان الذريين استخلصوا فكرة الفراغ المطلق المطهر من كل محتوى مادي ، والمسمى اخيراً باسم سوف يطبق عليه بعد ذلك « الخواء » τὸ κενόν. . اما الذرات التي تستخدم هذا الفراغ كمحطة فإن سماتها تتوضح على الشكل التالي : انها ذات عدد غير محدود ، وكلها من ذات الجوهر وهي كلها متجانسة تماماً وموجودة منذ الأزل ، وغير قابلة للتحطيم أو للفساد . وهي لا تقـع تحت البصر ولا تحت الحواس . وهي مملوءة غـير قابلة للخـرق ولا للانفصـام بسبب صغرهـا المطلق (بحسب رأي لوسيب) و (بحسب رأي ديموقريط) بسبب منتهى قسوتهـا . وانواعهـا لا تحصى ولا تعد . وكلها من ذات الجوهر ، إلّا انها تختلف باشكالهـا واحجامهـا (ويقول ديمقـريط بوجـود ذرات ضخمة) ، كما تختلف بمواقعها . وان هي جمعت ، بحسب تراتبها ، فان ارسطو Aristote يشبههـا بحروف الأبجدية التي لكل منها شكله الخاص مع امكانية تنويع الترتيب والموقع (بشكـل مطلق) ، (A و N ، H و I ، AB و BA) واخيراً انها في حركة . ونحن لا نقول انها في حالة تساقط ، لأن كون ديموقريط ليس له اعلى ولا اسفل : ان الذرات تتحرك في الفراغ اللآنهائي حيث لا يوجد لا اعلى ولا اسفل لا وسط ولا طرف » . (دى فنيباس De Finibus ، I و 17). والحركة هي صفة اساسية في العناصر الأخيرة في المادة . انها متزامنة في التأبيد مع الذرات ، وهي أي الحركة تحملها في دوامة متصلة بفضلهـا تتجمع ، كيفـما كان كـل الكتل وكـل الأشكال الممكنـة . فتتـولـد من اللقـاءات العفـويـة والاندماجات المتعددة والمتجمدة دائماً اجسام تؤلف الكون والصفات المحسوسة واشياء هي من صنع تجربتنا : « نقول حار ونقول بارد ونقول حلو ونقول مـر ونقول لـون ، ولكن لا يوجـد في الواقـع إلّا الذرات والّا الفراغ » (سكستوس امبيريكـوس Sextus Empiricus : رياضيـات متقـدمـة ، 7 ، 135) .

وإذا كانت ذرات « ديموقريط » ذات اشكال متنوعة الى منتهى الحدود فذلك لأنه ، كما يقول آبيل ري Abel Rey : « لا يوجد اي سبب لكي يكون للذرة هذا الشكل أو ذاك . وانعدام وجود السبب الخاص المقرر الحاسم ـ إذا طبقنا بصراحة مبدأ السبب الكافي ـ يؤدي بصـورة منطقيـة الى احتماليـة عامة » . وما يقال هنا عن شكل الذرات يمكن ان يقال ايضاً عن احجامها وعن مواقعها المتتالية وعن توجهات حركاتها . كل شيء ممكن ، ولا يوجد شيء موجه نحو غاية . يقول ارسطو Aristote : ان ديموقريط يهمل الكلام عن السبب الأخير أو الغائي (Gén, des anim. 789 d) .

والنظام يتميز بتماسكه الكامل : انه اكثر الانظمة الكبرى تماسكاً في القرن الـرابع ، كـما انّه اكثرها تجريداً : لا يوجد اي خطة موضوعة بصورة مسبقة . ولا يـوجد ايـة دورة يمكن وصفها بـانها اخيـرة . ان المادة الأزليـة تُوَلِّـدُ بحكم بنيتها فقط تنـوع الأشياء ، دونما اي قانـون آخر غـير قانـون المصادفة ، انما مصادفة سببية . إن السببية السابقة تسود بدون حدود على الذرات . ولا يمكن تصورُ مفهومٍ ـ اكثرَ عِرياً واكثرَ نقاءً ـ مفهومٍ للمادة المعزولة عن كل ما هو فكر أو روح .

II ـ انظمة العالم

بالنسبة الى الفيزيولوجيين ، في اليونان القديمة L'ancienne Grèce ، كانت الفيزياء وعلم الفلك مظهرين لعلم واحد هو علم الطبيعة . وكان القصد استكشاف المظاهر اي الوصول ، انطلاقاً من معطيات حسية ، الى وصفٍ متماسك للكون . فهم مرة ينظرون الى العناصر الأخيرة باحثين عن مبادىء المادة وعن أسباب التحوُلات ومرة بالعكس ، ينظرون الى مجمل الكون فيحاولون فهمه دفعة واحدة ، ونتج عن ذلك نوعان من المسائل ، تلقت حلولاً افتراضية ايضاً . لقد رأينا ماهية هذه الحلول فيما يتعلق بمسائل البدء (أركي) (arkhé) والصيرورة . ويبقى علينا ان ندرس المسائل التي تمس تحركات وهيئة الأجرام السماوية .

في هذه الحقبة الأولى من علم الفلك اليوناني يتوجب التمييز بعناية بين ملاحظة (رصد) الظاهرات والمعارف القائمة على هذه الملاحظات ، ثم تمييز الفرضيات العامة ، الجريئة دائماً ، والتحكمية الى حد ما ، والمتعلقة بهندسة بناء الكون . ورد في تقرير ايتوس Aëtius ان طاليس Thalès كان أول من قال : « إن القمر منارٌ من قبل الشمس » . وهذا الرأي ، بعد ان طال النقاش حوله ، اخذه اناكساكور Anaxagore الذي اكَّد « جزء 18» : ان الشمس تعطي القمر بهاءه . وقال امبيدوكل Empédocle بوضوح اكثر (جزء 45) : القمر يدور كالدائرة حول الأرض ويدور معه نوره المستقرض . واشتهر طاليس من جهة اخرى حين تنبأ بكسوف الشمس ، ربما كسوف 28 ايار سنة 585 /ق.م . وهذا التنبؤ كان يرتكز بدون شك ، على اعتبار « الساروس » Saros البابلي ، وهو الحقبة التي في نهايتها تحصل الكسوفات . وشاءت الصدف ان يحصل هذا الكسوف فعلاً وان يرى من شواطىء آسيا الصغرى .

اما وجهة نظر طاليس حول بنية الكون فلا يمكن إلّا أن تتوافق مع مفهومه للمبدأ المادي الأول وللعنصر الاساسي . ان كوننا ، المحمول والمحاط تماماً بالماء يبدو بصورة كرة هوائية نصف دائرية ، في وسط كتلة سائلة لا متناهية . والسطح المقعَّر من هذه الكرة هو سماؤ نا ، والسطح المسطَّح هو ارضنا التي يشبه شكلها شكل الأسطوانة المسطَّحة . وتعوم الكواكب فوق المياه العليا وتغذي نيرانها من ابخرتها المتصاعدة . وتخضع حركاتها لقوانين تبقى غامضة ، ولكنها مع ذلك قوانين لأن هذه الحركات منتظمة ويمكن التنبؤ بها . وتعوم الأرض على المياه من تحت (وهذا التصور سبق ان وجد عند المصريين) وهذا يفسر كل اضطرابات وارتجاجات الأرض والفضاء : هزات الأرض والخسوف والرياح . الخ .

ويبدو نظام « اناكسيمندر » اكثر عجباً : فالنجوم هي دوائر فارغة مصنوعة من الهواء الكثيف ومملوءة بنار داخلية ـ وهذه الدوائر الضخمة تحيط بالأرض . والصحون الظاهرة في الشمس والقمر ، والنقط البراقة التي هي النجوم هي ثقوب موجودة في هذه الدوائر . ودولاب* الشمس هو الأعلى وهو الأبعد ، عن الأرض . ودواليب النجوم الثابتة هي الأدنى . ولا يغفل « اناكسيمندر » ميل الدوائر

الشمسية والقمرية فوق المدار البروجي . ولكن لا يمكن القول انه اكتشف هذا الفلك لأنه كان معروفاً منذ زمن بعيد في آسيا . في حين انه اعلن عن اكتشافٍ واكده ، ضد طاليس ، الا وهو اكتشاف تحدّب سطح الأرض . ووضع اناكسيمندر كرائدٍ لأصحاب الخرائط ، الخارطة الأولى في تصرف البحارة . وبعكس طاليس ايضاً ، صاحب التصورات الأكثر بدائية ، عَلَّمَ اناكسيمندر ان الأرض لا ترتكز على اي شيء ولكنها تبقى معلقة في الهواء . واخيراً قال ايضاً ان الكون بهذا الشكل ليس الكون الوحيد الموجود : إذ ادخل اناكسيمندر فكرة تعدد العوالم . « والآبيرون » apeiron الذي يحيط بالكون يمكن ان يَضُمَّ في لا نهائيته عدداً لا محدوداً من العوالم الأخرى . وهذا الرأي سوف يأخذ به الذريون ، وقبلهم اخذ به بعض الفيثاغوريين ونُسب اليهم .

وقد لوحظ في أغلب الأحيان ان تقدم العلوم لم يكن مستمراً ومستقيماً ، بل تضمن أوقات توقف وتعرجات غريبة فريدة . ويعطي « اناكسيمان » مثلاً على ذلك :

جاء اناكسيمان بعد « اناكسيمندر » ، ونجده في بعض النواحي متخلفاً عنه : فقد تخلى عن فكرة احديداب الأرض وعاد الى فكرة الأرض المسطحة . وتصور الأرض مثل صينية منحدرة ، مرتفعة في الشمال ، ظناً منه انه يفسر بهذا القول اختفاء الكواكب التي تدور حول القطب . وقد عزا الى القمر نوراً خاصاً وليس معكوساً كما فعل « طاليس » ، ولم يميز ، مثل اناكسيمندر سطوح خط الاستواء وفلك البروج . وبالمقابل ، ولأول مرة عند الاغريق ، لم يعترف بنفس الطبيعة للكواكب السيارة وللنجوم الثابتة : فالشمس والقمر وغيرها من الأجرام السماوية ذات الطبيعة النارية (ونسميها نحن الكواكب الملتهبة) هي محمولة بالهواء اما الثوابت فهي كالمسامير مغروسة في بلور الكرة السماوية . واخيراً أحل الكرات محل الدوائر التي قال بها آناكسيمندر وهكذا نظم بالاجمال خارطة كونية شعبية ومن هنا نجاحه ، والتأثير الدائم لبعض اقسام نظامه .

وازداد التراجع مع كزينوفان Xénophane الذي قربه حبه للقديم من بعض الخرافات المصرية : فحركة الاجرام السماوية لم تعد دائرية ، والكواكب تتنقل بخط مستقيم غير محدد فوق « ارض » تمتد بدون نهاية في كل الجهات . وإذاً ففي كل يوم توجد شمس جديدة تظهر لنا وفي كل ليلة تظهر نجوم جديدة .

ولم ينمّ علم الفلك عند هيراقليط Héraclite ، وهو علم بسيط ساذج مثل علم كزينوفان ، ومرتبط بفيزيائه وفقاً للطريقة الإيونية ، عن اي تقدم يميزه عن علم الفلك لدى من تقدمه . ويمكن الظن بان هذا التصور كان مقصوداً، لأن هيراقليط هو زعيم السلسلة ذات الرأي الفلسفي ذي الدوي الهائل ، في المستقبل أي احتقار انظمة الكون ، لأنها كلها واقعة في الخطأ . وقد صنف الكواكب ابتداءً من الأرض وفقاً للترتيب الكلداني : قمر ، شمس ، كواكب « حامية » ونجوم ثابتة « باردة » . والكواكب بالنسبة اليه هي احواض فارغة يتّجه تقعرها نحونا فيجمع الأبخرة الجافة التي تحترق فيها . (ب . تنري) P. Tannery وهي تشتعل في الشروق وتنطفىء في المغيب ، وهي صغيرة : ان الشمس عرضها كعرض قدم الرجل . (جزء 3) . وهي كل يوم متجددة (جزء 6) . وتنطفىء مساءً

تحت تأثير الهواء الرطب لكي-تبعث من جديد في اليوم التالي . والشيء الوحيد الذي يستحق الملاحظة ، في هذا العلم الفلكي الخرافي ، هو الشعور بالتوازن والتناسق (وبه يقترب هيراقليط من الفيثاغوريين) كما يلحظ بصورة خاصة ايضاً شعور قوي بالضرورة . ففي صيرورة ازلية تخضع عودة الظاهرات الى قوانين ثابتة : الشمس لا تتجاوز الحدود . وإلّا اكتشفتها الارينيات Les Erynnies وهي مساعدات العدالة ، بسرعة . (جزء 94) .

ويبدو علم الفلك الإيوني ، حتى في ابتكاراته الأكثر اصالة ، أو حتى الأكثر عبقرية ، بدائياً تماماً (بل ان آبيل ري Abel Rey يقول انه صبياني) ، إذا قورن بالكوسمولوجيا الايتاليكية [نسبة الى شواطىء آسيا الصغرى الاغريقية] وخاصة بكوسمولوجيا الفيثاغوريين ، وهو علم فلك يتميز قبل كل شيء بجهد من اجل ريضنة علم الفلك بربطه بالحساب وبالهندسة وبالموسيقى .

وبين فيثاغور Pythagore وفيلولاس philolaos تتابعت عبر قرن من الزمن عدة اجيال من الفيثاغوريين،ومن الصعب،نظراً لأعراف «المدرسة»،توضيح الدور الذي لعبه هذا أو ذاك منهم، في صياغة العقيدة . وعلى كل ، يمكن اعتبار الفيثاغورية الأولى هي صاحبة التأكيد ، المهم جداً ، حول كروية الأرض . وقد التقى تيوفراست Théophraste هذه الكروية لأول مرة لدى بارمينيد Parménide وعزا اليه الفضل في ذلك . ولكن يجب ألّا ننسى أن بارمينيد « اعتبر هذا الرأي » ، ثانوياً في نظره وكان يرتاح تماماً الى فيزياء الفيثاغوريين . اما الاحديداب الذي اشار اليه « آناكسيمندر » فلم يكن يقتضي ابداً الكروية . وقول آناكسيمندر ، وان بدا اقل جرأة من رأي الفيثاغوريين ، والمظنون انه مرتكز على مراقبات ، هذا القول يرتدي ، بفعل هذا بالذات صفة اكثر علمية خالصة ؛ في وقتٍ امكن الاعتقاد فيه ، فيما خص اصل فكرة كروية الأرض ، بوجود معتقدات سابقة تدخل في نطاق الجماليات مثل اعتبارات جمال الكرة بذاتها . وانه لمن الأهمية بمكان ان يكون الفيثاغوريون الأوائل قد قبلوا هذه الكروية كمعتقد جامد، حافظت عليه مدرستهم دائماً حتى انتهى بها الأمر الى فرضه . وانطلاقاً من هذا المفهوم قام بصورة تدريجية نظام فلكي عجيب وصفه لنا « ارسطو » وتيوفراست Théophraste بسماته الرئيسية .

إن مركز الكون تحتله ، لا الأرض بل بؤرة مركزية متأججة (هستيا) Hestia ، وحول هذا المركز تدور عشرة احسام سماوية . واقربها الى النار المركزية هو « نقيض الأرض » ، (آنتيتار) Antiterre ، وسُمِّيَ هكذا لأنه دائماً في الطرف الآخر من الأرض بالنسبة الى « الهستيا » ، وهو غير منظور بالنسبة الى سكان نصف كرتنا لانه لا يواجه النار اطلاقاً . وتأتي بعد ذلك الأرض ، وتعتبر من الأجرام السماوية ، ثم القمر ثم عطارد والزهرة والشمس والمريخ والمشتري وساتورن ثم كرة الثوابت . والمسافات المتتالية بين هذه الأجسام تساوي نسباً حسابية وموسيقية . وفي مجمل الكون هناك منطقتان متمايزتان : تحت القمر وفوق القمر . وعالم تحت القمر هو عالم الخلق والفساد وعالم فوق القمر غير قابل للفساد . تلك هي الرسيمة التي قدمها فيلولاس Philolaos . وقد رفضها علم الفلك التقليدي لمدة طويلة ، بصورة جزئية كما حافظ عليها ايضاً جزئياً .

واهتم الايليون ، وهم فلاسفة « الواحد » ، اهتماماً قليلاً بوصف الظاهرات التي لا تدخل ، في ظنهم ، إلا في الخيال . وكان علم الفلك عندهم ، كما الفيزياء ، مأخوذاً جزئياً (مع نوع من التنازل الاحتقاري) من تعاليم الفيثاغورية . فقد كانوا يقولون ان الأرض ذات شكل كروي . وعلى كل ، كانوا يضعونها في محور العالم ، حيث تبقى متوازنة إذ لا يوجد سبب يجعلها تذهب هنا أو تذهب هناك (آيتوس Aëtius ، 3 ، 15) . وحول الأرض توجد « تيجان » ممزوجة بالضياء وبالظلمات . « لقد انفصلت الشمس والقمر عن دائرة « المجرة » ، فكانت الشمس من المزيج الأكثر لطفاً وهو الحرارة ، والقمر من المزيج الأكثر كثافة وهو البرودة ». (ايتوس Aëtius ، 2 ، 20) . أما الحركات السماوية فهي ضرورية لأن العناية الآلهية المسيطرة تقضي بها (كما عند « هيراقليط ») .

ولكون « امبيدوكل » شكل البيضة . وتتعاقب عليه مملكات الحب والكره فتحدد قوانينه . وتنتج ثورة القبة السماوية عن اختلال في التوازن سببه ضغط كتلة نارية على الغشاء القاسي للغلاف الهوائي . اما تقدم الحقد فيحدث تسريعاً تدريجياً في هذه الثورة ، وبالتالي سرعة اكبر في تتالي النهارات والليالي . وعند ظهور الانسان على الأرض كانت مدة اليوم تعادل عشرة اشهر من سنواتنا . وسرعة الحركة السماوية المتزايدة باستمرار هي التي ثبَّتت الأرض في مركز الكون وابقت عليها جامدة . وكما فعل هيراقليط Héraclite ، ولنفس الأسباب ، اظهر « امبيدوكل » نوعاً من الاحتقار تجاه علم الكون . وقد اهتم بصورة اقل بما هو قائم في حين زاد تأمله في الصيرورة . وقد عاد الى الفكرة الهيراقليطية ، فكرة العودة الأبدية ، وفيها يتوافق التطور الكوني وابدية المادة . وتعبيره الشعري يضفي طابع المأساة على هذه الدورة الكبرى التي يبدأ كل شيء من جديد عند نهايتها .

ومن الصعب اعادة تكوين نظام عالم اناكساكور Anaxagore سنداً « للأجزاء » التي بقيت من عمله ، وسنداً لتصنيفية doxographie متناقضة نوعاً ما . وتعطي بعض الاختلافات في التفسير ، مجالاً لمناقشات ليس المجال لذكرها هنا . وفي مطلق الأحوال يجب الاعتراف بان عقائد اناكساكور تقترب من علوم الفلك الايونية القديمة .

فالأرض ، ولها شكل الصحن ، لا ترتكز على شيء (أو على الهواء) . والقمر ، وتنيره الشمس ، هو ارض اخرى مسكونة . واناكساكور ، وهو اكثر اهتماماً بالتاريخ ، من اهتمامه بالصورة الحاضرة للكون ، يصف خلق هذا الكون . إن الفوضى تتنظم قليلاً قليلاً ، وعالمنا ينمو انطلاقاً وعلى حساب هذه الحمأة الأولى . والدفعة الأولى اطلقتها الرُوْح ، وبلغة الفيزياء الخالصة « النسمة الأولى » . وهكذا نشأت حركة دورانية مستمرة تسري اكثر فاكثر اتساعاً في المادة السابقة الوجود . والأرض هي في مركز هذا الاعصار . اما القمر والشمس والكواكب الأخرى فقد قذفت بعيداً عن الأرض بالقوة الدائرية . ويقول اناكساكور ، كما يقول الذريون في ما بعد انه في وسط الفوضى المطلقة يمكن ان يتشكل عدد لا محدود من العوالم . والاعصار الأساسي ، يولد في مطلق نقطة ولا شيء يمنع من ولادته في عدة نقاط . واخيراً يمكن لهذه العوالم ان تذوب وتعود الى الهباء : وهناك عوالم اخرى يمكن ان تنشأ باستمرار بنفس الاسلوب وتحل محل السابقة : « ويخطىء الهلِّيون حين يقولون بالولادة

والموت . . . الكلام الصحيح يقضي بوجوب تسمية بداية الأشياء بالتركيب ونهايتها بالتفكك » (جزء 17) .

ومن اجل التوفيق بين التناقضات الظاهرة بين الجزء 8 ، حيث يؤكد اناكساكور انه لا يوجد إلا عالم واحد ، والجزء 4 ، حيث يبحث الوجود ، « في مكان غير عالمنا » وجود الشروط الفيزيائية الشبيهة بظروف اطارنا البيولوجي ، يقترح شارل موغلر Charles Mugler (مجلة الدول اليونانية ، مجلد 69 ، 1956 ، ص 348 . . .) اعتبار عالم اناكساكور Anaxagore وكأنه خاضع لنمو متشابه يتسبب به التقدم المستمر في التفريق ، الذي يصيب اجزاء الهباء البدائي ، والتي تبعد اكثر فاكثر عن المركز .

ويرى لوسيب Leucippe كما يرى « ديموقريط » ان الهباء البدائي يتكون من ذرات ومن فراغ ، مع وجود هذا الفرق وهو انه بالنسبة الى لوسيب تفصل الذرات والفراغ الى منطقتين متمايزتين ، فهناك من جهة اولى كل الذرات المضغوطة بعضها الى بعض في كتلة لا متناهية وهناك من جهة اخرى الفراغ الكبير ، الذي تهجم عليه الذرات لتتوزع فيه . في حين ان الذرات ، برأي « ديموقريط » موزعة منذ البداية ، انما بدون نظام . في الفراغ المطلق . وفي الحالين تنشأ العوالم ، من تنظيم الذرات ، تنظيماً يتم بالصُدف ، لأن حركاتها تجرها في كل الجهات الممكنة ، وضمن عواصف تنتهي منتظمة عملاً بالقانون القائل بان الشبيه يقترب من شبيهه وان الذرات من ذات الحجم ومن ذات الطبيعة تتجمع . ان خلق العالم يتولد من اوالية خالصة : تضارب الذرات في كل الاتجاهات ، وقفز وتصادم وتشابك وتشكيل كتل . اما موت العوالم (أو بقول آخر عودتها الى الفوضى) فينتج عن تفكك عفوي ايضاً .

ويخبرنا ديوجين لايرس Diogène Laërce وتيوفراست Théophraste اللذان نستقي منهما هذه المعطيات ، عن حالة هندسة كوننا برأي الذريين . لقد تخيل لوسيب عدداً من الدوائر المتراصفة حول الأرض التي هي مركزها جميعاً . ودورة القمر هي الأقرب الينا ، اما دورة الشمس فهي الأبعد . وبقية الأجرام السماوية تحتل موقعاً وسطاً . وكل هذه الكواكب تدور حول الأرض وتلتهب بفعل سرعة حركتها . وبدا هذا النظام متراجعاً عن الفيثاغورية التي كانت تجهله . وليس علم الفلك عند ديموقريط اقل تراجعاً : يذكر سينيك Se´ne`que ان الابديريتيني Abdéritain لم يكن ليخاطر فيقول كم هو عدد الكواكب . وبقدر ما هي عظيمة وخصبة الفرضية الميكانيكية في هذه المدرسة ، بقدر ما هو فقير علمها الفلكي . وقد رُؤيَ في هذا الفارق المدهش احد الأسباب التي تفسر ما لقيته النظرية الذرية من حظوظ متنوعة . عندما تقوم ، مع الأرسطية نظرية فلكية اكثر تماسكاً ، فان المبادىء العامة في العقيدة الديموقريطية ، محكومة بالتراجع . وفيما بعد بكثير فقط اصبحت الذرية مقبولة نوعاً ما .

* * *

ومن الجدير بالملاحظة ، بشكل خاص ، في حالة الذريين ان هذا الفرق في القيمة بين النظريات المتعلقة ببنية المادة ، والنظريات التي تعود الى الهندسة الكونية ، يمكن ان يعتبر كأحد السمات العامة في « الفيزياء » اليونانية في المرحلة الاولى من تاريخها .

أما مسألة الهيولى الأولى فكل الحلول المحتملة قد بحثت ويمكن ان تتوزع ضمن خمسة مجموعات :

1 ـ التعدد الذي لا حدّ له في الهيولات ، منذ بداية الخلق (« اناكسيمندر » و « أناكساكور ») .

2 ـ تعددية محدودة العدد من الهيولات البدائية التي يدل اندماجها على تنوع المركبات المعروضة في الطبيعة ، امام التجربة الحسية (امبيدوكل) .

3 ـ هيولى واحدة اولية (الماء أو الهواء أو النار) من شأنها ان تتحول الى الأخريات جميعا بفعل التكثيف والتندير الخ ، (« طاليس » ، « اناكسيمان » ، « هيراقليط ») .

4 ـ هيولى وحيدة ، لا صفات لها ولكنها مقسومة الى جزيئات متميزة ، وهي عناصر اخيرة يؤدي تنظيمها الى تشكيل اجسام متنوعة (لوسيب Leucippe ـ و « ديموقريط » Démocrite) .

5 ـ كل شيء ينطلق من العدد الصحيح . وهذه النظرية التي سبقت الذرية ، يبدو أنها بشرت بها بمعنى انها اقتضت عدم استمرارية المادة ، مع هذه الفكرة الإضافية ، وهي أن تكوين الأجسام المختلفة المحسوسة يتجاوب مع تركيبات عددية . (الفيثاغورية) .

ومن كل هذه النظريات كانت نظرية العناصر الأربعة التي وضعها « امبيدوكل » ، بدون شك ، النظرية التي كان لها اكبر الأثر على تطور العلم اللاحق . يقول آبل ري Abel Rey أن امبيدوكل كان في أصل أعظم وأضخم التركيبات النظرية التي عرفها نشاط العلم . وهذا يشكل اكبر فرضية عمل تمت حتى القرن السادس عشر ، بل وحتى بداية القرن السابع عشر . ولكن المؤلف نفسه يعترف بأنه إذا كان امبيدوكل قد ربح الدورة الأولى فإن الذريين قد ربحوا الدورة الثانية .

أما نشأة الكون ، فالمدارس التي سبقت « سقراط » كان لها وجهة نظر مشتركة : هي الهباء أو الفوضى الأولى وغير المحدودة التي انتظم فيها الكون أو الأكوان (سواء كان هذا اللامتناهي المحيط ، ماءً أو هواءً ، أو « ابيرون » أو حمأةً من الذرات الديمقريطية .

وفي مواجهة هذه البناءات التي تفرض نفسها ، بدت الفرضيّات الفلكية فقيرة . وظلت معارف اليونانيين في هذا الشأن ، وحتى القرن الخامس ادنى من معارف « الشرقيين » ، وإلى حد كبير ، بقيت متعلقة بالأرصاد الكلدانية والبابلية . ومن بين أنظمة العالم التي اقترحها السابقون على ارسطو ان النظام الوحيد الذي يجمع الى بعض التماسك فضل الجدة ، هو النظام الذي تكوَّن ببطء في المدرسة الفيثاغورية ، لكي يترجم ، مع فيلولاس Philolaos (نهاية القرن الخامس) في صياغات مفيدة : كرويَّة الأرض والأجرام السماوية ، كواكب تحملها كرات (اكرا) وحيدة المركز ؛ قسمة الكون الى منطقتين : عالم فوق القمر وعالم السماء ، هذه هي الرسيمة الأرسطية ، التي هي فرضيَّة الانطلاق التي سوف يتركز عليها علم الفلك التقني ، مع اضافة تحسينات وتصحيحات مستمرة طيلة عشرين قرناً .

الفصل الثاني

الرياضيات

لا يرتكز تاريخ الرياضيات اليونانية ، قبل اقليدس Euclide إلاّ على القليل من المستندات الصحيحة . كما ان الشهود الأكثر ثقة ـ ومن بينهم « افلاطون » و « ارسطو » ـ لم يكونوا من ذوي الكفاءة الممتازة ، ولذا فشهادتهم ليست بمعزل عن كل انتقاد . وإذاً وبشكل خاص ، فالمقارنة بالرياضيات المصرية والبابلية من جهة ، وبالهلنسيتية من جهة اخرى . تمكننا من اعادة تكوين تاريخ الرياضيات ، انما بشكل افتراضي ايضاً .

تتابع المدارس : في مرحلة اولى تبدأ في القرن السادس وتنتهي حوالي منتصف القرن الخامس ، نهضت الرياضيات في ظل ادارة الفلاسفة : الميليزيين Milésiens ، والفيثاغوريين والايليين . وقرر الميليزيون ، من خلال بحثهم عن مبدأ كوني ، ان الطبيعة بكاملها يمكن ان تصبح موضوع معرفة عقلانية . وكان « طاليس » بآن واحد فيزيائياً وفلكياً وعالماً جيومترياً . وكان بروكلوس Proclus قد نسب اليه اربعة احكام في الكتاب الأول من « عناصر » اقليدس Euclide .

وبعده « حوّل « فيثاغور » « الجيومتريا »، وجعل منها علماً حراً ، لانه يعود الى المبادىء السامية ويستدعي القواعد بصورة تجريدية وعن طريق العقل الخالص . واليه يعزى الفضل في اكتشاف الاعداد غير الجذرية وبناء صور للكون » (اوديم Eudème ذكره بروكلوس Proclus) . اما الفيثاغوريون فلم يكتفوا بجعل الجيومتريا علماً حراً . بل انهم حين وضعوا في العدد مبدأ الأشياء اعطوا للرياضيات هذه الصفة العلمية الممتازة التي لم تتوقف بعد ذلك عن ان تكون نهجاً لهم . كتب فيلولاوس Philolaos يقول : « كل ما تمكن معرفته له عدد . وبدون العدد فاننا لا نعرف شيئاً ولا نفهم شيئاً » (جزء اربعة) ـ اما الايليون (Eléates) فقد باشروا في اول تفحص انتقادي للفكر العلمي .

وفي النصف الثاني من القرن الخامس وفي مطلع القرن الرابع تكاثرت المدارس . وكانت المراكز الجديدة الأكثر نشاطاً هي شيو Chios (مع « ايبوقراط ») ، وسيرين Cyrène ، وميغار Mégare ، واثينا Athènes اخيراً ، حيث اجتمع عدد من الرياضيين ، بعضهم (السفسطائيون) حول

بروتاغوراس Protagoras ، والآخرون حول سقراط Socrate . واصبحت اثينا بعد ذلك المركز الفكري في العالم اليوناني ، ولن يحل غيرها محلها الا الاسكندرية Alexandrie . وكان الرياضيون بصورة خاصة مثقفين ، في مطلع القرن الرابع ضمن اول اكاديمية ، ثم في سيزيك Cyzique ، بإدارة ايدوكس الكنيدي Eudoxe de Cnide ، الذي كان ملتحقاً احياناً بالمجموعة الاثينية « كتلميذ من اصدقاء أفلاطون » .

وان نحن صنّفنا من بين اصدقاء الفيلسوف ، الفيثاغوري ارشيتاس Archytas ، فمن الأفضل الحاق ايدوكس Eudoxe بمدارس اغريقيا الكبرى وصقلية Sicile . اما النصف الثاني من القرن والذي لحظ نهاية الحقبة الهلينية وبداية العصر الاسكندري [نسبة الى الاسكندرية] فمحكوم بتأثير « ارسطو » وخلفائه المباشرين . ولا يبدو ان المدرسة المشائية كانت مركزاً للبحوث الرياضية بمستوى الاكاديمية . وهذه المدرسة استمرت في تعليم الرياضيات . ونلاحظ فضلاً عن ذلك من قراءة الأجزاء في الرياضيات المتناثرة في عمل افلاطون Platon وفي مؤلفات « ارسطو » ، ان المستوى المتحصل في القرن الرابع قريب جداً من مستوى مؤلفات اقليدس Euclide ان لم يكن من مستوى « ارخميدس » وابولونيوس Apollonius .

I ـ الحساب والجيومتريا

لن نتوقف طويلاً حول اساليب كتابة الأعداد (راجع فيما بعد ص 335) ، وحول تقنيات الحساب (المنطق الرمزي الرياضي في لغة افلاطون) والكيل والمساحة . وكانت هذه التقنيات البدائية في بداية الحقبة الهلينية شبيهة بما كانت عليه في ميزوبوتاميا Mésopotamie وفي مصر . انها لم تكن حتى ذلك الحين « علوماً ليبرالية » .

في الأصل كانت الرياضيات الفيثاغورية محكومة بمسبق فلسفي : هو الفكرة بان كل شيء هو عدد وان الأعداد هي نماذج للأشياء . من هنا خرافة « التحسيب » arithmos (آريتموس) التي من مظاهرها اعطاء بعض الأعداد (وخاصة العشرة الأول) قدرات سرية . وليس لنا أن نعالج هنا هذا القسم من العقيدة الغريبة على العلم الوضعي ، انما يجب ان نعرف عنها على الأقل ، وجودها حتى نفهم تيارات « المدرسة » وتفضيلاتها لهذه المسألة أو تلك . بالنسبة الى الفيثاغوريين حتى بعد اكتشاف الأعداد غير الجذرية ، هذا الاكتشاف الذي هو من اروع امجادهم ، يظل حساب (arithmetique) العدد الصحيح موضوع بحث افضل وأميز ، حتى استطاع ارشيتاس Archytas ان يقول ان الحساب وحده هو الذي يعطي البراهين المقنعة .

الأعداد المجازية : ان نظرية الاعداد المجازية التي قلما نعطيها في ايامنا الا القليل من الاهتمام التاريخي والتربوي ، والتي لعبت دوراً كبيراً حتى القرن السابع عشر ، ممن فيه من العلماء ومن بينهم فرمات Fermat وباسكال Pascal ، ان نظرية الاعداد هذه تتيح لنا ان نمسك بالعلاقة الوثيقة التي

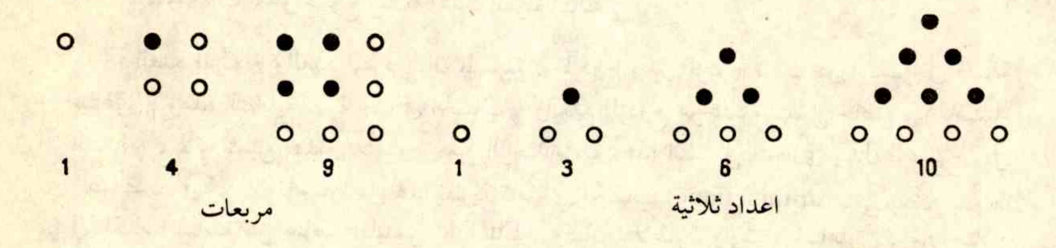
قامت ، منذ فجر العلوم الرياضية ، بين مفاهيم العـدد والاتساع . وهي تـدل على جهـد أول لفهم العدد في بنياته العميقة .

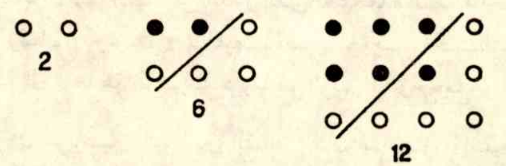
ويمثل الفيثاغوريون الاعداد بنقط مرتبة بشكل رسمة . وكذلك الاعداد المربعة : 4 و 9(صـورة رقم 23) .

تبرز هذه الصورة هنا المعادلة الحديثة $3^2 = 2^2 + 2 + 3$

أو بشكل اعم : $a^2 + a + (a + 1) = (a + 1)^2$.

وهكـذا نشأت وتـطورت رسوم تقنيـة نصف حسابيـة ونصف (جيومتـرية) هنـدسيـة ، ومن المستحسن تسميتهـا الحساب الجيـومتـري . ويمكن تصنيف الأعـداد ، من وجهـة النـظر هـذه ضمن « سطوح » وإذا امكن ضمن مستطيلات ، مثل 12 (اربع صفوف كل صف يتضمن 3 وحدات) أو ضمن خطوط مثل السبعة ، عندما يكون مثـل هذا التـرتيب مستحيلاً . وتسمى الخـطوطيات ايضـاً بالأوائل .





Hétéromèques (اعداد متنافرة متنوعة)

صورة رقم 23 ـ اعداد رمزية (مجازية) .

ان الارقام المجسمة يمكن ان تصـور باشكـال متوازيـات السطوح : 12 هي مجسم (طبقتان من ثلاثة صفوف في كل منها وحدتان : $12 = 2 \times 3 \times 2$) .

وتعتبر المربعات (بين السطوح) والمكعبات (بين المجسمات) الأعـداد الأكثر بـروزاً . ولكن البحوث حول الأعداد الرمزية لم تقف عند هذا الحد . فهناك رسوم اخرى يمكن تحقيقها . نذكر منها الأعداد المثلثة ، أو التثليثية (صورة 23) . ويعزو التراث اكتشافها الى فيثاغور Pythagore . وهي قد حصلت بفعل جمع اعداد صحيحة متتالية :1 ؛ 1 +2 ؛ 1 + 2 + 3 ؛ 1 + 2 + 3 + 4 الخ ، في حين

ان المربعات تحصل بجمع الأعداد غير المزدوجة ، والمتتالية : 1 ؛ 1 + 3 ؛ 1 + 3 + 5 ؛ 1 + 3 + 5 + 7 الخ اما المتنافرة فتحصل بجمع الأعداد المزدوجة : 2 ؛ 2 + 4 + 6 الخ .

ان المزولة الشمسية هي الصورة التي يجب اضافتها للانتقال من عدد رمزي الى تاليه من طبيعته . في الصورة 23 ترسم المزولة بنقط بيضاء . وتدل الصورة ان العدد المتغاير (الهيترومیك) هو حصيلة ضرب عددين صحيحين متتاليين . وهو يدل ايضاً ان الهيترومیك هو ضعفا المثلث من نفس الصف . ويعتبر الحساب ـ الهندسي (arithmo - géometrie) ، كما نرى من هذه الأمثلة ، تقنية فعالة شديدة الايحاء ، فيها تكون البراهين مرئية خالصة وتتعمم من تلقاء ذاتها . ولن نركز على الأعداد الأخرى المسطحة كالمخمسات والمسدسات السطوح الخ . أو على الأعداد المجسمة مثل الهرمية منها . فقد حفظ لنا التراث منها عند الفيثاغوريين الجدد مثل نيكوماك الجيرازي Nicomaque de Gérasa ، ثم عند بويس Boèce وعند الحسابيين من القرون الوسطى . وتعميمها حتى تطالَ الأعدادُ فوق المجسمة سوف يوصلنا الى عمال فرمات Fermat و « باسكال » وغيرهما . نشير مع ذلك الى نتيجة وجدت عند نيكوماك : ان مكعب واحد هو واحد ومكعب 2 هو مجموع العددين الفرديين التاليين 3 + 5 ، ومكعب 3 هو مجموع الثلاثة اعداد المفردة التالية : 7 + 9 + 11 الخ .

العدد المزدوج والعدد المفرد : ان المتقابلة : المزدوج وغير المزدوج تلعب دوراً كبيراً في فلسفة فيثاغور . وهذه التقابلية مهمة جداً في الحساب . والعدد المزدوج هو عدد مستطيل خاص ، (باستثناء الثنائية) ، لأنه يتمثل بصفين متساويين من الوحدات . وهذا التمثيل المجازي يدل بوضوح على خصائصها . ويمكن ان نؤسس على هذا نظرية كاملة في الحساب (arithmetique) يبقى بعض بقاياها في الكتاب التاسع من عناصر اقليدس Euclide . وكان افلاطون وارسطو شاهدين ، من خلال العديد من المقاطع التي يشيران فيها اليها ، على الدور الذي لعبته هذه النظرية الحسابية (arithmetique) حتى القرن الرابع . وكان « ارسطو » يماهيها تقريباً بكل الحساب (L'arithmetique : « الحساب » يرد على السؤال : ما هو الرقم المفرد وما هو الرقم المزدوج وما هو المربع وما هو المكعب .

النسب : لا يبدو ان الرياضيين اليونانيين القدامى كان لهم تصور واضح جداً عن مفهوم النسبة أو العلاقة ، قبل ظهور المبالغ غير الجذرية . وهذا المفهوم كان وظل دائماً مرتبطاً بمفهوم القياس . وكما كان الحال عند المصريين بدا اللوجستيك (Logistique) [علم التحليل] البدائي اليوناني ينطلق من التكميم اي من مجموعات من الأعداد الصحيحة ، المستعملة كضارب عددي أو كقاسم عددي . ومن هنا الفكرة البدائية جداً عن علاقة رقمين أو مبلغين ، وايضاً تصنيف ثقيل جداً ثَقَّلَ من غير فائدة التعليم الابتدائي حتى القرن السابع عشر ب م .

A = الحد الأول و B = الحد الثاني . ونجد :

العلاقة المضاعفة : إن الكمية A هي مضاعف الكمية B أو B تقيس A : نسبة مزدوجة أو مثلثة الخ .

ـ العلاقة الجزئية : الكمية A تقيس الكمية B : نصف ، ثلث ، ربع الخ .

ـ العلاقة « الابيمورية » (épimore) : A تحتوي B واحد اجزاء B ، « الأميول » (Emiole) واحد ونصف أو الابيتر épitrite أي واحد وثلث .

ـ العلاقة «الابيميرية» épimère : A تحتوي B واجزاء كثيرة منها : واحد ونصف وثلث . أو، فيما بعد أ و $\frac{5}{6}$.

ـ العلاقة المضاعفة الابيمورية ، والمضاعفة الابيترية الخ .

وقد زالت هذه الصيغ عند « اقليدس » من كتابه « العناصر » ولكنها بقيت في كتابه « تقسيم القانون » Division du Canon (راجع فيما بعد 348) . وقد أمَّنَ الفيثاغوريون الجدد بقاءها .

الوسيطيات Les médiétés : نسمي وسيطيةً : متوالية ، من ثلاثة حدود بحيث ان اثنين منها واثنين من فروقاتها تكون بنفس النسبة . وهناك احدى عشرة وسيطية ممكنة . وقد درس الفيثاغوريون الأولون الثلاثة الأكثر اهمية : الحساب (اريتمتيك) الجيومترية ، والموسيقية أو الهرمونية . وقد اضاف ايدوكس Eudoxe ثلاثة جديدة . ودرس الفيثاغوريون الجدد الوسيطيات الباقية .

وتعرَّفُ الوسيطيةُ الحسابية بالصيغة : $\frac{a}{a} = \frac{a - b}{b - c}$. وخاصيتها المميزة (وقد اعلن عنها ارشيتاس Archytas) هي المعادلة بين حدودها المتتالية : $a - b = b - c$. وهناك خصوصية اخرى (ايضاً اعلنها ارشيتاس) وهو ان العلاقة بين الحد الأعلى والوسط ، هي ادنى من العلاقة بين الحد الوسط والحد الأدنى .

وفي الوسيطية الهندسية ، يكون الحد الأول بالنسبة الى الثاني ، كالثاني بالنسبة الى الثالث : $\frac{a}{d} = \frac{b}{c}$ ومنه $\frac{a}{b} = \frac{a - b}{b - c}$. ومربع الحد الوسط يساوي مستطيل الطرفين .

أما الوسيطية الهرمونية فتستجيب للصيغة : $\frac{a}{c} = \frac{a - b}{b - c}$.

وقداعطيت تعاريف كثيرة من قبل ارشيتاس وافلاطون ثم نيكوماك Nicomaque وتيون الأزميري Théon de Smyrne . وكل هذه التعاريف تنطبق حتماً على الصيغة الواردة اعلاه : والتعريفان الأخيران يترجمانها مباشرة ، اما التعريفان الأولان فيؤديان اليها بدون صعوبة . وتعريف افلاطون ، الذي يشبه في جوهره تعريف ارشيتاس ، ينص على ان : « الوسط يتجاوز الطرف الأقصى الأول ، بمقدار قسمٍ من هذا الطرف يساوي الجزء من الطرف الثاني الذي هو بدوره اقل من هذا الطرف الاقصى » . (تيمي 36 a, Timée) . من ذلك ان الأرقام 3.4.6 تشكل وسيطية هرمونية لأن 1=4-3 (ثلث الثلاثة) ، كما ان (4 — 6)هي ثلث الستة .

كتب ارشيتاس وهو يتكلم عن ثالث وسيطية : انها « العكس الناقص » la Sous - Contraire الذي نسميه هرمونيك ». وهذه التسمية المزدوجة تستدعي بعض الملاحظات . ان طبيعة متواليات الحدود الثلاثة ، بالنسبة الى الوسيطيات الحسابية والجيومترية تبرر استخدام هذه النعوت لأن حساب الحد الوسط انطلاقاً من الحدود ـ الأطراف هو دائماً ممكن بالوسائل الحسابية بالنسبة الى الوسيطية الحسابية في حين بالنسبة الى الوسيطية الجيومترية يتوجب استخراج الجذر التربيعي ، وهذا يستدعي تدخل الجيومتريا ، على الأقل بعد اكتشاف الأعداد غير الجذرية . وقد يعني « العكس الناقص » ،

عكس ناقص حسابي ، إذ اذا شكل a.b.c وسيطية حسابية فإن $\frac{1}{a}$،$\frac{1}{b}$،$\frac{1}{c}$ تشكل هرمونيكا . ولكن لماذا استعمال هذه الكلمة هرمونيكا ؟ . بهذا الشأن نذكر ، من جهة ان نظرية الوسيطيات ، في مجملها يربطها كل المؤلفين بالقوانين العددية الموسيقية ، ومن جهة اخرى ، ان كل وسيطية هرمونية يكون طرفاها بنسبة مزدوجة تعطى « الخماس » La Quinte والرباع والثمان . (راجع تقسيم القانون لاقليدس Euclid) .

الجيومترية : ترتبط الجيومترية عند الاقدمين من الفيثاغوريين بالحساب (arithmétique) . وقد شاهدنا هذا بالنسبة الى الحساب الهندسي . وتقدم الجيومتريا لنظرية الأعداد مساعدة هي الرؤ يا والحدس واليقين. أما الحساب (l'arithmetique) فيقدم لها بالمقابل يقين العمليات الحسابية. وفي التراث أن فيثاغور جعل من الجيومتريا علماً ليبرالياً، أي أنه اسسه على التجريد وعلى التعاريف الدقيقة وعلى البراهين الصارمة . وقد سبق ، ايضاً بحسب التراث ان كان الايونيون هم الذين استخرجوا فكرة الزاوية التي لا تبدو ، في ضوء المستندات المعروفة حالياً ، انها قد عرفت بوضوح في مصر وفي ميزوبوتاميا Mésopotamie . ولكن من الصعب تحديد تاريخ ظهور المفاهيم المجردة للخط المستقيم وللنقطة ، وللخط بوجه عام الخ ، ولما كانت هذه المفاهيم لم تظهر عند البابليين ، في حين انها كانت معروفة تماماً في القرن الرابع ، فهناك مجال لعزوها إلى الايونيين والى الفيثاغوريين الأوائل .

وعلى كل حال كانت الجيومتريا اليونانية محكومة بفكرة المساحة . كانوا يقيسون المساحات ويضيفونها ويطرحونها ويقسمونها الى اجزاء متساوية أو لها فيما بينها نسب بسيطة الخ .

قاعدة فيثاغور Pythagore : كانت تحفة هذه الدراسة حول المساحات قاعدة تحمل في ايامنا اسم حكيم ساموس Samos : « في المثلثات القديمة يساوي مربع الضّلع المواجه للزاوية القائمة مربع الضلعين اللذين يشكلان الزاوية القائمة » (عناصر اقليدس ، 1 ، 47) وهذه القاعدة صاغها فيثاغور كما يذكر بلوتارك Plutraque وديوجين لارس Diogèn Laerce ، واتني Athénée وبروكلوس Proclus . وهذه القاعدة من الأسس الأقدم في الرياضيات. وقد كانت معروفة منذ زمن بعيد عند البابليين ، وكانت تلعب عندهم دوراً اساسياً (راجع اعلاه ص 117 ، 118) . وهي تبدو منذ ظهورها على جداول بابل القديمة ، في مظهر تقني : حساب تقريبي لضلع سنداً للضلعين الآخرين ، كما تبدو بشكل حسابي هندسي : تشكيل المثلثات المستقيمة التي تقاس ضلوعها بالأعداد الصحيحة بواسطة وبنفس وحدة القياس ونجد سلسلة مؤثرة من هذه المثلثات الأخيرة في لوحة بلسون Plimpton رقم 322 ، نقلاً عن الحقبة البابلية (اعلاه ص 109) . وصيغتها العامة مذكورة في الكتاب العاشر من عناصر اقليدس رقم (28 — 1) . في تفسيره للقاعدة 1, 47 من العناصر يعطي بروكلوس Proclus قاعدتين خصوصيتين للتشكيل ، يعزو الأولى منهما الى « افلاطون » والثانية الى « فيثاغور » . في قاعدة فيثاغور يعتبر حرف n عدداً صحيحاً غير مزدوج ، واضلاع المثلث تساوي : n $\frac{n^2 - 1}{2}$ et $\frac{n^2 + 1}{2}$. اما في قاعدة افلاطون فيساوي 2 n عدداً مزدوجاً مطلقاً فتكون اضلاع المثلث : 2 n ، $n^2 - 1$ و $n^2 + 1$.

ولا يوجد اي مستند يؤكد في الوقت الحاضر ان البابليين عرفوا تبييناً لقاعدة كانوا قد مهروا في استعمالها . وفي غياب الشهادات الموثوقة يمكن القول مع غالبية المؤرخين ان هذا التبيين قد اعطي لأول مرة من قبل فيثاغور وتلامذته المباشرين .

ويكون من المخاطرة في كل حال مماهاة هذا التبيين الأول الفرضي مع تبيين « اقليدس » (العناصر 1 ، 47) . ويمكن بالتالي تقريبه من اثبات تشاوكيون كينغ Tchao Kiun K'ing (راجع اعلاه ص 188) ؛ الذي هو حقيقة واقعة ـ شيء بارز للعيان ـ اكثر مما هو تبيين تجريدي .

اللاّجذريات : ان الحالة الخصوصية التي هي حالة المثلث القائم المتساوي الضلعين ، تؤدي الى ازدواجية المربع (« افلاطون » ، مينون Ménon ، 82 - 5 8) . والمعترض Diagonale والضلع ليس بينهما قياس مشترك . وعلاقتهما تصبح غير قابلة للتعبير ، وقد عرف البابليون كيف يتخلصون من المأزق ، عن غير قصد ربما ، وذلك باعطائهم قيمة تقريبية لقياس المعترض ، باعتبار ان الضلع هو الوحدة : 1,24.51.10 وذلك في الترقيم الستيني (لوحة Y - B - C .7289) . وقد اثبت الفيثاغوريون فيما خصهم عدم قابليته للقياس ، وهذا ربما كان افضل نجاحاتهم .

والبرهان يرتكز على تقنية المزدوج والمفرد « فقد اثبتوا ان قطر المربع غير قابل للقياس بالنسبة الى الضلع وذلك باثباتهم انه اذا افترضنا وجود مقياس بينهما . فان هذا يعني ان العدد المفرد اي غير المزدوج يصبح يساوي العدد المزدوج » (ارسطو ، تحليلات لاحقة 23, 1) .

نشرح قليلاً : إذا كان الضلع والمعترض قابلين للقياس ، فإن المقياس المشترك يكون موجوداً a مرة في المعترض ، و b مرة في الضلع ، باعتبار ان a و b هما عددان صحيحان . فإذا كان a و b مزدوجين كليهما ، فإن القياس المزدوج للمعترض سوف يكون موجوداً ضمن الطولين اعداداً من المرات من انصاف الضلعين . ويمكن ان نفترض إذاً ان احد العددين مفرد . ولما كانت الصيغة : $2b^2 = a^2$ يقتضي شفعية a . وإذا فـ b هي مفرد . ولكن اذا كان a يساوي 2 c ، و a^2 يساوي $4 c^2$ ومنه نستخلص : $2 b^2 = 4 c^2$, $2 c^2 = b^2$ مما يقتضي شفعية b . وهكذا نصل الى التناقض . وإذاً فالمعترض والضلع لا يقاس بعضهما ببعض .

وبعد ان ظهر مزدوج من الأبعاد غير القابلة للقياس فيما بينها ، عرضت حتماً حالات مماثلة كثيرة . وبرز صدى هذه البحوث في كتاب « تيتت » «Théètète» لأفلاطون (b.148 - d 147) . وفيه يثير « تيتت » امام « سقراط » موضوع معلمه تيودور Théodore الذي اثبت ، من خلال تجربة السبعة عشر عدداً الأولى ، ان جذور الأعداد الصحيحة غير المربعة تكون بدورها غير جذرية . وهناك نصوص اخرى عن افلاطون وارسطو وبابوس Pappus وبروكلوس Proclus ، وكذلك دراسة مغفلة في الكتاب 10 من عناصر اقليدس Euclide وكلها تؤكد بانه منذ الحقبة الافلاطونية ، قام تمييز بين مجموعتين من الأعداد غير الجذرية : المجموعة الأولى وتضم الأعداد التي مربعاتها جذرية والمجموعة الأخرى تضم الأعداد غير الجذرية التي تكون مربعاتها غير جذرية مثل : الميديال médiales $(\sqrt[4]{2})$, والبينوم binômes $(\sqrt{2} + \sqrt{3})$, والابوتوم apotomes ، $(\sqrt{3} - \sqrt{2})$.

النظرية العامة حول النسب : ظلت الجيومتريا اليونانية قادرة على الإستعانة بكل راحة ، بوسائل الحساب ، واللوجستيك التي هي اقرب الى الوسائل المصرية منها إلى الوسائل البابلية، الى ان اكتشفت الأعداد غير الجذرية . (وقلما استعمل علماء الفلك اليونان الكسور الستينية بصورة منهجية إلّا في القرن الثاني ق.م. عندما اضطر الجيومتريون ، في القرن الخامس إلى الرضوخ امام الواقع والقول بان اللاقياسية اصبحت القاعدة وان القياسية المشتركة ، هي الاستثناء ، طرحت مسائل خيار دقيقة . استمر المطبقون والمساحون والمهندسون والمعماريون والفلكيون في تطبيق الأساليب القديمة واكتفوا بالتقريب وقد شهد بذلك فيما بعد بطليموس Ptolémée وهيرون Héron من الاسكندرية . وقام منظرون يعمقون فكرة المقايسة واكملوا في القرن الخامس والقرن الرابع ق.م نظرية الأعداد كما هي معروضة في كتب الحساب من عناصر « اقليدس » . وقام آخرون وربما ذات الأشخاص بدراسة اللآجذريات الأبسط ، وهي اعمال تضمنها الكتاب العاشر من العناصر . وربما استرسل علماء الجبر في تمارين بهلوانية حيث كانت القاعدة عدم الخروج من نطاق الجذري ، وهذا ادى ، فيما بعد الى كتاب « الحسابات » (Les Arithmetiques) الذي وضعه ديوفانت (Diophante) .

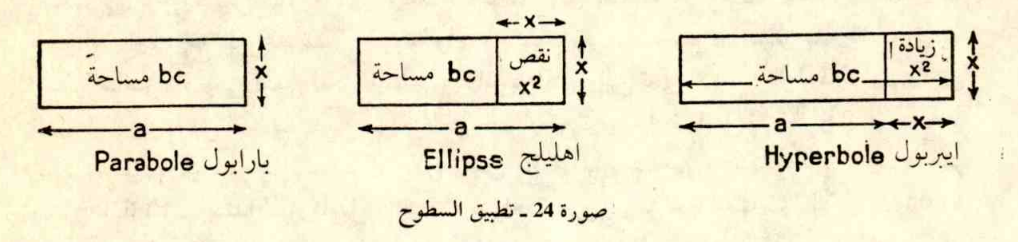
واخيراً جاء توبولوجيون ، قبيل النضج ، ومن بينهم يذكر ايدوكس Eudoxe في القرن الرابع ، ويذكر غيره ، ربما منذ القرن الخامس فعكفوا على توضيح فكرة النسبة بوجه عام . وادت جهودهم الى وضع الرائعة التي هي الكتاب الخامس من عناصر اقليدس ، وبالشكل الذي ظهرت فيه هذه الرائعة عند اقليدس ، تبدو كذروة من ذروات الفكر الانساني الّا انها صعبة بقدر ما هي جميلة . عن نظريةٍ لم يستطع شخص مثل غاليلي Galilée أو توريسللي Torricelli فهمها رغم جهودهما ، قال المدافع الرئيسي عنها في القرن السابع عشر ، « بارو » Barrow ، قال بانها ، بالنسبة الى الرياضيين والفلاسفة في عصره ، مزّاعة . وقد توجب الانتظار حتى مجيء ديديكين Dedekind لكي تُفهم . عن مثل هذه النظرية يكون من الخفة أو من السذاجة القول ، بدون اثبات جازم ، ان هذا الرياضي ولو كان عبقرياً ، ولو كان اسمه ايدوكس Eudoxe ، انه هو واضعها ومؤسسها . لقد وجدت بعد ذلك اساليب اقل اناقة ، واقل عمقاً ، مهما بدت مقبولة ، من اجل تركيز فكرة النسبة ونظراً لأننا نعثر عند ارخميدس Archimède بالذات على بعض هذه الوسائل ، ونظراً لأن شرحين مجهولين مغفلين يعزوانها الى ايدوكس ، نقول ببساطة ان الكتاب الخامس قد ظهر في عناصر اقليدس تاركاً الخيار غير جازم بين ايدوكس واقليدس وعبقري مجهول . والاعتقاد بان عرض ايدوكس ، هو اقل اتقاناً من عرض « العناصر » ، لا يعيب الأول .

نشير على كل حال الى ان النظرية اليونانية حول النسبة تبدو نقطة ضعف باعتبار ان مجملها لا يتضمن إلا بنية مجموع لا بنية جسم واحد . هذا المجموع ، مُستكملَ ببعض التطبيقات المأخوذة من المجمل بأكمله مثل «التعاكس»، « التركيب » و« الفصل » ، التي هي ، في عمقها تغييرات اساسية من مجموعنا النموذجي .

ولا يقل عن ذلك صحة انه قد حدث في القرن الخامس أو القرن الرابع تقريباً طلاق بين

اللوجستيك ، والحساب والجبر من جهة والجيومتريا من جهة اخرى ، وهذا الطلاق كان له آثاره القاسية على تطور الرياضيات فيما بعد .

تطبيق المساحات : من بين الحيل أو المهارب المتنوعة والناجحة التي مارسها الرياضيون اليونان ـ عدا عن النظرية العامة في النسب ، وبصورة خاصة الأكثر جيومترية منها ـ يقع القسم المسمَّى « الجبر الهندسي » ، (وهو تعبير مأخوذ عن زيتن Zeuthen) والذي هو تطبيق المساحات . إنه الترجمة الهندسية المباشرة التي لا تستخدم الرقم ولا القياس ولا النسبة ولا الحسابات البابلية من الدرجة الأولى والثانية . ان اساسات هذا التطبيق معروضة في الكتاب الثاني والرابع من عناصر « اقليدس » . وبهذا تلحق كل عمليات الدرجة الثانية بالجيومتريا .



صورة 24 ـ تطبيق السطوح

ان التطبيقات او البارابولات هي :

التطبيق البسيط أو بارابول : نبني فوق سطحٍ معين ، مستطيلاً (او متوازي أضلاع ذا زاوية معينة) مساحته معينة ($a\,x = b\,x$ حيث a,b,c هي اطوال معروفة و x هو الطول المطلوب) .

والتطبيق الناقص أو البارابول ذو الشكل البيضاوي Ellipse : نبني فوق سطح معين مستطيلاً مساحته $b\,c$ إلاّ ان قاعدته قصيرة جداً بحيث يتوجب استكماله بمربع من اجل تغطية كل ($x^2 + bc = a\,x$) .

التطبيق الزائد أو الخط الهذلولي (ايبربول) ($bc = x^2 + ax$) .

لحسن الحظ ، وبقدر ما هناك من حظ في هذه الامور ، يمكن الحصول على التطبيقات الثلاث او البارابولات ، وبالتالي على كل المسائل المتعلقة بها ، عن طريق الجيومتريا بواسطة المسطرة والبيكار .

الفضاء : ان هندسة الفضاء أو الفراغ التي كان المصريون قد درسوها وكذلك البابليون ، انما من زاوية القياس فقط . هذه الجيومتريا نُظمت وطُوِّرت في القرن الخامس والقرن الرابع فعرفت : متعددات الاوجه المنتظمة ـ رسوم المكان ـ التي درسها فيثاغوز سنداً لايديم Eudème والتي تلعب دوراً كبيراً في « تيمي » Timée افلاطون ، وبصورة خاصة احجام الهرم والمخروط . وهنا ، بشهادة « ارخميدس » القاطعة والجازمة ظهر رجلان عظيمان هما « ديموقريط » الذي قدم تحليلاً عقلانياً مقبولاً ، ثم ايدوكس Eudoxe الذي قدم برهاناً دقيقاً . وهو قد فتح الطريق امام السيراكوزي Syracusain (ارخميدس) . واسس كل نظرية القياس أو المساحة .

الكرويات : نشير اخيراً بكلمة الى ظهور دراسات حول الكرة ، ارتبطت بالفرضيات الفلكية

الجديدة حول كروية الأرض والسماوات والكواكب . وهنا لعب ايدوكس دوراً مهماً ايضاً .

كتابة « العناصر » : كل العمل الاكتشافي الذي اشرنا اليه حتى الآن كان يقتضي جهداً منهجياً . وبدون ذكر كل الرياضيين السابقين على اقليدس (ونعرف منهم اكثر من ستين) نذكر اسماء الذين وضعوا كتاب العناصر والذين اعتبروا ، من زاويتين سابقين « لاقليدس » .

ربما يجب ان نذكر في المقام الأول هيباسوس Hippasos من ميتابونت Métaponte ، وهو فيثاغوري من الجيل الأول ، وتأخذ عليه الأسطورة انه كشف اسرار « المدرسة » . ويمكن ، بوثوق اكبر ذكر « هيبوقراط » من شيوس Chios ، « لأن هيبوقراط كان الأول من بين الذين ذُكروا بانهم وضعوا العناصر » . (بروكلوس Proclus) . وبعد هيبوقراط ، اي بعد نهاية القرن الخامس ، تضاعفت الجهود من اجل جمع القواعد ضمن مجموعة واحدة وكبيرة . ومن المستحسن ان نشير بهذا الشأن الى ان كلمة « عناصر » ، وهي المعنى للكلمة الاغريقية المقابلة لها ـ والتي تعني الأساس أو المبدأ الأول ـ تعني بالدرجة الأولى : من له مرتبة ، من هو جزء من خط أو من ترتيب أو تسلسل ثم الحروف الأبجدية . ويركز عنوان العناصر على تنظيم الأحكام وعلى واقعة انها يستدعي بعضها بعضاً . ولا يَذكر ايديمEudème ، سنداً لبروكلوس Proclus صراحة من بين مؤلفي العناصر إلاَّ ليون Léon وتيديوس Theudios الماغنيزي Magnésie . ولكن يمكن الافتراض بدون البعد عن الواقع بانه قد جرت محاولات اخرى من ذات النوع ، قام باحداها ايدوكس Eudoxe . أما المحاولة الاخيرة فتبدو كأنها من صنع تيوديوس Theudios . وربما أخذ «ارسطو» عن هذا المؤلف المعلومات الرياضية التي استعملها .

II ـ الاختبارات الأولى في مجالات الرياضيات العليا

لا يبرز « اقليدس » في عناصره إلاّ المسائل التي من شأنها ان تحل بواسطة المسطرة والبيكار ـ بالخط المستقيم وبالدائرة كما يقول اليونان ـ أو بقول آخر المسائل التي لا تقتضي الا تقنيات تطبيق المساحات . نقول ، بلغة مماثلة انما عصرية ، المسائل التي لا تقتضي الا المعدلات من الدرجة الأولى والدرجة الثانية .

وهذا الاختيار المقصود يفترض سلفاً وجود محاولات مسبقة ، واختيارات دقيقة وفشل خصب ومفيد . في الواقع ومنذ النصف الثاني من القرن الخامس طرحت وعولجت عدة مسائل في الرياضيات العليا ـ اي في الرياضيات التي تتجاوز الدرجة الثانية بل وتتجاوز الجبر ـ . وطرحت بالتالي مسائل تربيع الدائرة وتضعيف المكعب ، ثم تقطع الزاوية الى ثلاثة اقسام متساوية (trisection) .

تربيع الدائرة : يعتبر تربيع الدائرة من اقدم المسائل الرياضية . فعند البابليين كما عند المصريين قام تربيع الدائرة على ايجاد نسبة ـ حتماً يعبر عنها باصطلاحاتهم ، ـ بين مساحة الدائرة ومساحة المربع المرسوم بداخلها أو المحيط بها . وكانت التقريبات التي حصلوا عليها تكفي احتياجاتهم ويثبت التراث

ان آناكساكور Anaxagore ، عند اليونان كان من أوائل الذين عكفوا ، من قاع سجنه ، على هذه المهمة . وبعده جاء ، حوالي 430 ق.م ، انتيفون Antiphon السفسطائي الذي جرب ان يربع الدائرة بتضمين متعددات الأضلاع المنتظمة داخل الدائرة مع تكثير عدد الأضلاع الى اقصى حدٍ ممكن .

وحاول بريزون Bryson (في القرن الخامس تقريباً) ان يتقدم خطوة اكثر حين درس حالة متعددات الأضلاع الداخلية والخارجية . ولكن اعمالهم ضاعت . وقد انتقدهم « ارسطو » وهو شاهدنا ووجد في كلامهم سفسطة . وهناك مجال لتصديقه ونحن تجاههم في وضع يشبه الوضع الذي نجدنا فيه مع « ديموقريط » بالنسبة الى حجم الهرم : تحليلات محتملة ولكنها غير ثابتة ، وذات منطق متعثر . وقد كان ارسطو على حق في ان ينتقد ، وهو الذي وضع المنطق الشكلي ، الذي يجعله في مصاف الرياضيين الكبار .

وكذلك صحح ايدوكس Eudoxe ، وهو يقوِّم تحليل ديموقريط ويعطيه كل القوة الإقناعية ، صحح ايضاً تحليلات انتيفون Antiphon وبريزون Bryson . وبيَّن ما كان منذ اكثر من الف سنة قد بينه المصريون والبابليون وهو ان « الدوائر لها فيما بينها نفس العلاقة الموجودة بين مربعات قُطُرها » ، (العناصر « لاقليدس » ، 2,1,12) .

وكان ايبوقراط Hippocrate من شيوس Chios في القرن الخامس قد اكتشف ثلاثة قميرات قابلة للتربيع بطريقة تطبيق المساحات أي بالمسطرة والبيكار . ان مسألة تربيع الدائرة قد ارتدت قبله أو معه أو بعده أو على مثاله ، المعنى الدقيق الذي ارتدته فيما بعد والذي كشف عن استحالتها . على كل حال لقد اشتهر ايبوقراط هذا من هذه الزاوية الضيقة : بناء مربع يساوي دائرة معينة ، وذلك عن طريق بناء عدد محدود من الخطوط المستقيمة ومن الدوائر . وتظل المسألة مستحيلة حتى ايامنا ـ وهذا ما كان الرياضيون قد احسوه ولكنهم لم يستطيعوا تبيانه الا في أواخر القرن التاسع عشر ـ إلى ان اعطي الجيومتري حرية اكبر بقليل وذلك بالسماح له باستعمال مقاطع المخروطات (راجع في ما بعد ص 330) . لقد اصبحت مسألة تربيع الدائرة ابتداءً من القرن الثالث خطية أو غراميكية[1] ، لا سطحية (مسطرة وبيكار) ولا جسمية (مخروطات) . وتحت هذا المظهر الأخير يكون من الممكن بعدها مماهاة التربيع مع مسألة تقويم محيط الدائرة ، وهذه المماثلة بيّنها « ارخميدس » ولكنها كانت حتماً مقبولة قبله . والمسألة كما فهمت على هذا الشكل عالجها ارخميدس في كتاب (الحلزونيات) وربما عالجها ايضاً دينوستراط Dinostrate ولكن الشهود جاؤوا متأخرين . فقد استعمل هذا الأخير المنحني وسماه « المربَّع » بسبب هذا الاستعمال ، وهو منحنىً يقال ان السفسطائي هيبياس Hippias قد اخترعه من اجل قسمة الزوايا الى اقسام متساوية (راجع الصورة رقم 25)[2] .

---

(1) مسائل سطحية : جبرية من الدرجة الأولى والثاني ؛ مسائل المجسمات : جبرية من الدرجة الثالثة والرابعة ، مسائل غراميكية : جبرية من الدرجات العليا فوق 4 أو تجاوزية . ان تربيع الدائرة هو في الواقع مسألة تجاوزية .

(2) بيّن دينوستراط Dinostrate ـ وهذه الخاصية موجودة ايضاً ،وفي مطلق الأحوال عند بابيوس Pappus ـ بين ان :

$$\pi = 2\frac{OB}{OS}$$

تضعيف المكعب : تتلخص المشكلة هنا في بناء أو في حساب ضلع المكعب الذي يكون حجمه ضعف حجم مكعب معين . وتتعمم المسألة في الحال بما يلي : يجب بناء مكعب له ذات حجم متوازي السطوح معين .

تبدو مسألة تضعيف المكعب من الدراسات الأولى في الستيريومتري Stéreometrie (علم قياس الأجسام) وإذا صدقنا الأسطورة التي ذكرها اراتوستين Eratosthène (ذكرها ايتوسيوس Eutocius) أمرت عرافة ديلوس Dèlos سكان هذه المدينة ان يضاعفوا احد مذابحها ، وتضايق الديلليون فقصدوا مهندسي الاكاديمية . ومن هنا نشأت كلمة المسألة « الديلوسية » التي تطلق على تضعيف المكعب . ولكن البحث في الواقع ، على الصعيد التطبيقي والنظري ، يعود الى ابعد من زمن « افلاطون » ، إذ يقول توستن نفسه بهذا الشأن :

« كان هيبوقراط الشيوسي Hippocrate de Chios أول من ادرك ان المكعب يضعَّف ان امكن ايجاد المتوسطين المتناسبين ، بصورة مستمرة ، مع خطين مستقيمين يكون اكبرهما ضعفي الأصغر . بحيث ان العقدة تحولت بالنسبة اليه الى مسألة اخرى ليست اقل احراجاً . [لقد كان مهندسو الاكاديمية] ، قد اولعوا بالقضية واجتهدوا في الحصول على متوسطين نسبيين بين خطين مستقيمين معينين . ويقال ان ارشيتاس Archytas التارانتي هو الذي عثر عليهما بواسطة مخروطين في حين اكتشفهما « ايدوكس » بواسطة خطين منحنيين . ولكن كل هؤلاء الجيومتريين وصفوا هذه المتوسطات بشكل تبييني دون ان يحصلوا عليها عملياً ودون ان يستطيعوا رسمها بالواقع ، باستثناء مينكم Ménechme الذي قدر على ذلك قليلاً ، إلّا انه قدر بشكل غير مريح » (اعمال ارخميدس ، ترجمة الأب فر أيك Ver Eecke المجلد 2 ـ ص 610) .

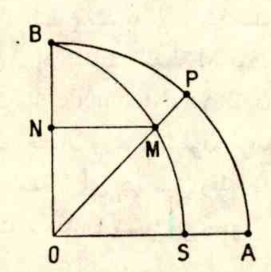
وتكتب المسألة بالنسبة الينا كما يلي : a,b,c هي اطوال معينة معروفة و x طول مجهول $abc = x^3$. من وجهة نظر الحسابات المتقاربة ، تقوم المسألة على استخراج الجذر التكعيبي . وقد اورد لنا هيرون Héron الاسكندري اسلوباً مفيداً في التقريب التجذيري . ومهما قال عن ذلك اراتوستان Eratosthéne يبقى مسار «ايبوقراط» خصباً . فهو يعود بالمسألة الى البحث عن طولين x et Y حيث ان b و a هما اطوال معينة : $\frac{x}{y} = \frac{y}{b} = \frac{a}{x}$. وهذه المسألة الجديدة هي التي عمل كل الجيومتريين على حلها . وقدم ارستيتاس حلاً جميلاً لها عن طريق البناءات في الفضاء المثلث الأبعاد . وللأسف لقد ضاعت الخطوط المنحنية التي استعملها تلميذه « ايدوكس » . ولكن ايتوسيوس Eutocius حفظ لنا عدة اساليب عن مؤلفين من مختلف العصور استعملت كلها : اما تقنية الميل أو « نوْسيس » neusis ، وهذه التقنية استعملها ايبوقراط في اعماله حول القميرات ، واما تقاطع المخروطات .

وكان اول من استعمل هذه التقاطعات هو مينيكم Méneehme تلميذ ايدوكس الذي استعمل

الخطوط المنحنية (البـرا بولات) : $x^2 = a\,y, y^2 = bx,$ ، والخط الهذلولي (الايبربـول) : $ab = xy$. ولما يئس اليونان من اعطاء حل مسطح جعلوا تصنيف تضعيف المكعب من مسائل المجسمات .

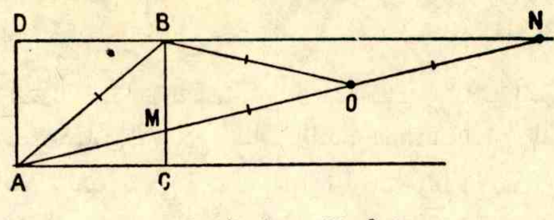
تقـطيع الـزاوية اثـلاثاً : الـزاوية القـائمة يمكن ان تقسم دائـماً الى ثـلاثـة اقسـام بـواسـطة المسطرة والبيكار ، وذلك ببناء مثلث متساوي الاضلاع (عناصر اقليدس 1,1 Euclide) والاوية المفتوحـة تقسم الى زاوية قائمة وزاوية حادة . والصعوبة هي في تقسيم الزاوية الحادة . ونظراً لانعدام المستندات الأكيدة ، يكون من التخمين محاولة تحديد تاريخ ظهور المسألـة في الأدب الريـاضي . نترك المسـألة مفتـوحة . ونفترض مجرد فرضية من اجل العمل ان هـذه المسألـة هي مسألـة سابقـة على اقليدس . لقد اهتم البابليون من اجل مسألة حساب المساحة ، بالاشكال المتعددة الأضلاع المنتظمة . امـا الفيثاغـوريون فقد درسوها ايضاً ، وبصورة فريدة درسوا المخمَّس المحدودب أو النجمي الذي يقتضي بناؤه بصورة صحيحة حلّ المعادلة : $x^2 + ax = a^2$ (الأس الـوسط والأبعد ، وفي عصـر النهضة سمي المقـطع الذهبي) . وسقط تطبيق المساحات (بالنسبة الى مثمن الأضلاع heptagone والى تساعي الأضلاع enneágone) .

وطرحت مسألة تقطيع الزاوية لأول مرة بمناسبة متعـدد الأضلاع الأخير . وامكن تحقيقها مثـل كـل التقطيعـات المتعددة بـواسطة « **التـربيعية** » التي تُعـزى الى هيبيـاس Hippias (راجـع اعـلاه



صورة 25 ـ التربيعية .

ص 236) والتـربيعية هي منحنى مسـطح متسـامي . وهـي تـنطلق من النقـطة M التي اسقـاطهـا العامودي N على الخط O B (رسمة رقم 25) مزود بحركة موحّدة ، هي الشعاع ـ السهم O M P الذي يدور بحركة موحّدة . وعنـد انتقال N عـلى الخط O B ، يستكشف الشعاع ـ السهم الـزاوية القائمة (O B,O A) .



صورة رقم 26 — تقطيع الزاوية

وتقطيع الزاوية (O A,O P) ثلاثياً ، يعود ، بفضل التربيعية الى تقطيع القسم O N . ولكن للأسف لا يمكن بناء التربيعية (وهي منحنى ميكانيكي في نظر ديكارت Descartes وهي منحنىً متسامٍ في نظر ليبنز Leibniz) الا بواسطة النقط .

إن مسألة تقطيع الزاوية تتم بفعل تقنية النوْسيس neusis ، اوبصورة اوضح هنا ، بواسطة التمريق أو الايلاج الذي قلنا انه موجود ـ انما من اجل مسألة مسطحة ـ ، عند ايبوقراط الشيوسي (de Chios) . نفترض (الصورة 26) وجود زاوية (AC,AB) . وان BD موازٍ لـ AC . ونفترض ان A M N مستقيم تكون فيه 2 a b = MN . من البدائي ان نبين ان الزاوية (A M,A C) هي ثلث (A C,A B) . والتقطيع الثلاني يقتصر اذاً على ايلاج المقطع M N ذا الطول المعين بين المستقيم B C والمستقيم D B N ، على ان يكون اتجاه المقطع M N نحو نقطة معينة A . عند « ايبوقراط » ، استبدل المستقيمان بمستقيم وبدائرة تمر في A ، على ان يكون للصورة محور تناظري (مسألة من الدرجة الثانية) . عند « ارخميدس » (وحول اللوالب) يتشابه الأمر كما عند « هيبوقريط » ، انما لا يوجد محور تناظري ، (مسألة من الدرجة الرابعة) . إذا تنقلت النقطة M فوق B C ، كما في الصورة 26 ، فإن النقطة N ترسم « مصغر مخروط » نيكوميد Nicomède ، (القرن الثالث ؟) الذي هو معادلة من الدرجة الرابعة . ولكن في القرن الثالث احتمالاً وربما في القرن الرابع ، اصبحت مسألة تقطيع الزاوية مثل مضاعفة المكعب معروفة كمسألة مجسمة ، أي كما سبق وقلنا ، اي ان علماء الجيومتريا قد ادخلوا عليها حلولاً عن طريق ايلاج المخروطات ، بعد ان يئسوا من حلها بواسطة المسطرة والبيكار .

وهكذا (صورة 26) إذا لم ننظر الآ إلى استقامة النقط N O M A في حين تجتاز M الخط BC ، و N الخط DBN ، عندها يدل تطبيق السطوح بسهولة ان O تسير فوق هيبربول « قطع زائد » . ولكن إذا كان B O يساوي BA فإن O تكون على دائرة مركزها B مارة بـ A . وهي تتحدد بواسطة تلاقي الخطين المنحنيين (راجع بابوس Pappus المجموعة الرياضية ، 4 ، المسألة 31) .

المقطوعات المخروطية : سبقت الاشارة كثيراً الى المخروطات أو قطع المخروطات . المعرفة بهذه المخروطات ظاهرة من شهادة ايراتوستان Eratosthène ، نقلها ايتوسيوس Eutocius ، عن مينكم Ménechme ، تلميذ « ايدوكس » و « افلاطون » الذي اهتم بتعابير الرياضيات أو بالمسألة الديلية (P.déliaque) [راجع تضعيف المكعب] وبالمخروطات . وبصورة اوضح ، يعلمنا ايراتوستان ان

مينكم يستعمل المخروطات لحل المسألة الديلية . وإذاً فهناك مجال للتفكير بأن هذه المنحنيات وخصائصها على السطح كانت معروفة قبله . والواقع ان تقنية الساعات الشمسية تؤدي الى دراسة المقاطع المسطحة في مخروط دائري . وإذاً فقد كان علماء الفلك اليونان مهتمين بالمخروطات الى حد ما . وربما كان ايدوكس Eudoxe اكبر الفلكيين في القرن الرابع . ويمكن القول بالتالي ان تلامذه في مدرسة سيزيك Cyzique قد درسوا دراسة معمقة ثلاثة مخروطات . وهذا هو رأي و . نوجبور Neugebauer القيم . وهو أيضاً رأي الأب تانيري Tannery الذي اعتقد انه يرى اشارة الى هذه البحوث في المقطع الذي أورده بروكلوس Proclus وقال فيه : قدم « ايدوكس » . . . باعداد كبيرة مسائل تتعلق بالقطع » .

وسوف نذكر فيما بعد ، بمناسبة ابولونيوس Apollonius تفصيلات تقنية حول المسألة . نذكر هنا ببساطة بان الأسماء الحالية : اهليلج ، قطع مخروط ، (هيبربول) ، والقطع الدائري (برابول) لم تكن تستعمل الا بعد هذا الجيومتري الكبير . وهي تتعلق بالمعادلة المتعلقة بكل من هذه المنحنيات ، بالنسبة الى مرجع ديكرتي . (نسبة الى ديكارت Descartes) .

ان مربع المنتظم (الاوردوني) يطبق على خط معين (الضلع المستقيم a) ، في حال عدم وجود مستطيل مشابه لمستطيل معين (اضلاعه a و b ، الضلع المعترض) ، بالنسبة الى الأول من هذه المنحنيات : $y^2 = ax - \frac{a}{b} x^2$ ، تطبيقاً ناقصاً أو منحنياً (بارا بولاً) بشكل اهليلج .

وبالنسبة الى هيبربول يكون التطبيق زائداً ، $y^2 = ax + \frac{a}{b} x^2$ ؛ وبالنسبة الى « البارابول » يكون التطبيق مضبوطاً $y^2 = ax$. (راجع اعلاه ص 231).

وفي « ابولونيوس » يعبر عن المعادلات الثلاث بواسطة رسمات من الجبر الهندسي .

اما التعابير السابقة على ابولونيوس فتبدو انها تغيرت . فاقليدس Euclide يُعرف الاهليلج بانه « منحنى الترس » . ولكن « ارخميدس » ومن قبله آريستي Aristée يسمونه قطع المنحرف الحاد الزاوية ، وقطع المنحرف المستطيل هو البارابول وقطع المنحرف ذو الزاوية العريضة هو هيبربول

وبعد مينكم Ménechme . يعتبر اريستي Aristée (النصف الثاني من القرن الرابع (؟) فيما يتعلق بالمخروطات واحداً من السبّاقين ومن ملهمي « اقليدس » المباشرين . وقد عرف كمؤلف لكتاب« الأمكنة الصلبة » ، وقد جرت محاولة لاعادة وضع هذا الكتاب في القرن السابع عشر من قبل فيفياني Viviani تلميذ غاليلي Galilée . و « الأمكنة الصعبة » أو الجامدة هي المخروطات . وكل ما نعرفه عن كتاب اريستي موجود في بابوس Pappus (مدخل الى الكتاب السابع من المجموعة الرياضية) . وقد كتب اقليدس نفسه كتاباً حول المخروطات ، ولكن هذا الكتاب فُقِدَ ، ويتوجب علينا،لكي نعرف اعمال اليونان حول المسألة،ان نرجع الى كتابات ارخميدس Archimède وابولونيوس Apollonias . (راجع ص 337 - 340) .

التحليل الجيومتري : ان الأعمال الرياضية العليا ليست بالضرورة تجريدية مثل تربيع الدائرة أو ، ذات درجة عالية فوق الدرجة الثانية ، مثل تضعيف المكعب . في الكتاب السابع من

« المجموعة » حفظ لنا « بابوس » في كتابه « كنز التحليل » ، عدداً من الكتابات يعزوها الى اقليدس وبصورة خاصة الى ابولونيوس . وهي تعالج مسائل صعبة تعود الى تقنية تطبيق المساحات . ويسود الظن ان قسماً لا يستهان به من هذه التمارين يعود الى القرن الرابع ق.م . وتتضمن دراسة ابولونيوس حول القطع المحدد دراسات حول النسبة أو الوظيفة : $\frac{a x^2 + b x + c}{a' x^2 + b' x + c'}$ (ترقيم حديث بالتأكيد) .

الا يمكن ان يكون بروكلوس Proclus قد لمح في المقطع المذكور اعلاه الى بحوث اولية في هذا النطاق : « هل عرض ايدوكس عدداً كبيراً من المسائل المتعلقة بالقطع ؟ » وكان هذا هو رأي بول فرايك Paul Ver Eecke ، ولكن المسألة هنا هي مسألة تاريخية وتبقى مفتوحة كغيرها من المسائل المتعلقة بالرياضيات الهلينية .

III ـ الصفات العامة للرياضيات اليونانية في الحقبة الهلينية

إن النظرة التي سبق اعطاؤها عن بعض المسائل المختارة من بين المواضيع الأكثر طروقاً خلال حقبة امتدت ثلاثة قرون من « طاليس » حتى حقبة تحرير « مبادىء » « اقليدس » توحي ببعض الأفكار حول الصفات العامة والغايات والمناهج في الرياضيات اليونانية في تلك المرحلة الأولى .

الحاجة الى التبيين : ان القول عن « فيثاغور » ، كما فعل اوديم Eudème ، وذكر بروكلوس Proclus ، أنَّه حوَّل الجيومتريا الى «تعليم ليبرالي» [فن عقلي]، لأنه عاد به الى المبادىء العليا وبحث عن القواعد بشكل تجريدي وبواسطة العقل الخالص»، ان هذا القول يفهم منه الخضوع الى مطلب اصبح بعده ، ومن جيل الى جيل ، اكثر الحاحاً : هو مطلب التبيين . والأمر الذي لم يكن في السابق ينتج الا عن حقيقة ملموسة ، ولم يكن يؤدي الا الى نتيجة مفيدة ، هذا الأمر نقل اخيراً الى صعيد الضرورات العقلانية . ويصعب علينا احياناً ان ننظر الى هذه النقطة ، إذ أننا كورثة لليونان ، نعزو ، نحن أنفسنا ، الى الرياضيات صفة تبيينية ليست من صميم طبيعة التقنيات الحسابية ، والرسم والمساحة والتكييل ، وهي التقنيات التي تشكل اساس العلم الأولي ، صفة تبيينية يمكن ان تؤخذ كخصوصية تاريخية في العلم اليوناني . واليونانيون كمؤسسي الجدلية ، برعوا واتقنوا فن الاقناع . ولكن هنا يوجد شيء اكثر . إذ لا يتعلق الأمر بالاقناع فقط اذ يمكن الدفاع عن الزور ضد الحقيقة ، ـ والمأخذ هنا يوجه الى السفسطائيين ـ الذين قالوا بوجوب الاقناع والاثبات وحتى الاكراه ـ بدءاً بالذات ثم بالآخرين . وأول برهان رياضي حقيقي اخترعه الفيثاغوريون هو البرهان المحالي حول عدم امكانية المقايسة بين الضلع والمعترض . ويتوجب هنا على الرياضي ان يتقبل ما لا يستطيع تصوره . « اني اعتقد ، لأني اذا لم اعتقد ، فاني اقبل المحال » . والرياضيون الأولون من اليونان لم يكتفوا بان تكون نتيجة الحساب أو البناء ثابتة ، ومضبوطة ظاهرياً وتجريبياً وفوق ذلك فعَّالة ، ـ لذا ارادوا ـ وربما حتى قبل « فيثاغور » ان ترتكز هذه النتيجة على العقل وان تكون احقّيتها مثبتة . ودون الذهاب الى حد الافتراض بان هذا التيار كان غريباً على اهل الشرق ، فمن العدالة نسبته بصورة

خاصة الى الاغريق على الأقل . من « طاليس » الى « اقليدس » لم ينفك هذا التيار يستقوي . ومهما كانت عظيمة في تلك الحقبة اكتشافات العلم ، فان المكتسبات من المفاهيم الجديدة تصدمنا اقل من ازدهار الرهافات المنطقية العالية الدقة : حقائق تناقش ، وقائع متخذة كقاعدة تغربل ، احكام مقبولة ببساطة يؤكَّد عليها ثم تُبيَّن بالبراهين . قواعد مستقلة عن بعضها البعض أولاً ثم تربط فيما بينها لكي تشكل مجموعات يزداد اتساعها وتنتهي بهذه السلسلة ذات الحلقات المترابطة المتراصَّة والتي تشكل « العناصر » الاقليدية .

قيمة الحدس : هناك خصوصية اخرى ، وهي واقعة تبرز ، بعكس الواقعة السابقة انما يجب قبولها كحقيقة لا يمكن رفضها ، وتميز الرياضيات اليونانية خلال كل تاريخها من نشوئها حتى سقوطها : انها بأشد معاني الكلمة دقة : الحدس ، انها توجه الى العينين . فالصورة يجب ان تكون بذاتها مقنعة وان تعبر عن الحقيقة بشكل دامغ وربما ظلت الصورة لمدة طويلة تحل محل البرهان . ولكن ، وبصورة تدريجية عملت الصعوبات الداخلية ، وربما الاعتراضات التي اثارها الفلاسفة على تحذير الرياضيين من الأخطاء الممكنة الكامنة في الحدس . واصبح التبيين منطقياً غير حدسي ، ولكن الضرورة المنطقية ، التي تتزايد قوتها ، ما انفكت تقترن بمقتضى بصري . ويعتبر « اقليدس » اكبر مثل على ذلك . والبرهان لكي يكون كاملاً يجب ان يرضي بآن واحد العقل وان يكلم العين . ولهذا كانت الرسومات المبنية بواسطة المسطرة والبيكار هي المعتمدة في العناصر باعتبارها حجة مقنعة . ولكن المسائل التي تتجاوز هذه المقتضيات لم تكن مرفوضة من قبل الجيومتريين الكبار الاسكندرانيين باعتبارها مسائل محلولة .

الحساب (ارتمتيك) الحدسي والجبر الحسابي (الارتمتيكي) : ان الشيء الذي عرفناه عن الحساب الهندسي الفيثاغوري يسمح لنا بالتأكيد على ان الحساب بالذات ، وليست الجيومتريا فقط ، كان في وقت من تاريخه حدسياً وبصرياً . واتخذ العدد صورة ، وانتظم في الفضاء . واصبح رسم الأعداد الكبرى مستحيلاً عملياً بهذا الأسلوب ، وبالتالي لعب التجريد دوراً في دراستها . وهكذا ، كما رأينا في مثل الأعداد المتعددة الأوجه ، كان علم العدد قبل كل شيء علم توليد من الصور النقطية ، وتزايدها المزولي (الميلي) . واكثر من ذلك ايضاً كانت الأعداد الصغيرة ذات الخصوصية المعينة - « البيثمان » Les pythmènes - موضوع دراسة خاصة . لقد ادرك اليونان هنا بالغريزة صفة خاصة تتمتع بها مجموعة الاعداد الصحيحة ، وهي انها منتظمة تماماً (ج كانتور G. Cantor ، 1880) . وهناك ارقام اخرى ، من ذات الشكل ، وتتفوق مباشرة على البيثمان كانت مستخرجة من هذه الأرقام الأساسية ، وكلما تكوّن قانون تشكيلها ، اصبح من غير المفيد تطويل سلسلتها . وبعد ان اصبح الرسم رمزاً ، اتاح تعميم العد الحسابي . ولكن هذه التقنية المغرية لا تستطيع ان تكفي لكل الحاجات : ان سلسلة الأعداد الصحيحة وسلسلة الأعداد الكاملة لا تخضع لها . وهنا ايضاً كان على الحساب ان يتجاوز نفسه وان يصبح دقيقاً اكثر وعلماً تجريدياً .

المبالغة في الجيومترية والجبر الجيومتري : ان اليونان حتى عندما تعلق فكرهم الرياضي بتفضيل

واعتبار العدد الصحيح ، قد اعترفوا دائماً انه ، وفقاً لعبارة احد الفلاسفة المعاصرين : كل فكرة واضحة عن العدد تقتضي رؤية في الفضاء . ولهذا فمن غير العجب ان تتفوق الجيومتريا في وقت لاحق على الحساب . ومنذ القرن الخامس (ومع اكتشاف الأعداد غير الجذرية) ، انتصرت هذه الجيومترية الهلينية التي اصبحت فيها بعد السمة الغالبة في العلم اليوناني . ان الرسمة الجيومترية الحسنة البنيان تمتاز بانها في ذاتها حجة وانها حجة منظورة . انها ترضي مقتضيات التبيين ومقتضيات الحدس . وبصورة خاصة انها تجنب مزالق القياس وتتيح تطوير تقنية جبرية هندسية ممتازة وخصبة الى حد الدرجة الثانية . وبصورة خاصة انها اللغة الأرفع التي بها كتبت روائع الحقبة الاسكندرانية .

IV ـ علم الفلك

وضع فيلولاس Philolaos ، في حوالي نهائية القرن الخامس نظاماً للكون يختلف عن الأبنية الخرافية التي قالت بها المدارس الأولى ، وذلك بحكم انه وارث للتراث الفيثاغوري . وقد اكّد على كروية الأرض وعلى حركتها حول النار المركزية (راجع اعلاه ص 222) . وفي القرن الرابع انقسم علم النجوم الاغريقي الى اتجاهين : اتجاه يؤدي الى مركزية الشمس ، وقال به ارستارك دي ساموس Aristarque de Samos ، والآخر يقول بمركزية الأرض وقال به هيبارك Hipparque وبطليموس Ptolémée .

هيراقليد Héraclide البونطيكي Le Pontique (388 - 312) : نبحث عبثاً ، طيلة الحقبة الهلينية عن شبه نظام شمسي مركزي بصورة خالصة . ولكن الجرأة على انكار جمودية الأرض ومركزيتها في الكون ، كما قال فيلولاس أو تفسير الحركة الظاهرة لكرة الثوابت بفعل دوران الأرض على نفسها ، كما فعل هيراقليد Heraclide ، يعتبر جرأة وخطوة الى الأمام . ورغم ذلك ظلت الأرض في نظر هيراقليد مركز العالم ، والشمسُ تدور حولها وكذلك الكواكب . ان عطارد Mercure والزهرة Vénus فقط تدوران حول الشمس . ان هيراقليد قدم ، بوجه عام نظاماً نصف شمسي المركز ، بعد ان قبل بدوران الأرض واعطى للشمس تابعتين .

في سواجهة هذه المحاولات الخجولة تثبتت نظرية مركزية الأرض بقوة ، وبسرعة وظلت لمدة طويلة منتصرة . وقد جعل « افلاطون » و « ارسطو » من مركزية الأرض مُعْتقداً . وعلى الصعيد التقني اعطى ايدوكس الكنيدي Eudoxe de Cnide هذه النظرية تعبيرها الأول .

افلاطون Platon : سوف نعود الى علم الكون الافلاطوني ، انما يجب ان نشير منذ الآن ان افلاطون ، كأمين ، من هذه الناحية ، للفكر الفيثاغوري ، هدف الى ريضنة علم الفلك بصورة كاملة وسنداً لسوسيجين Sosigène ، الذي ذكره ايديم Eudème : بالنسبة الى افلاطون ان المسألة المطروحة على العالم الفلكي هي التالية : ما هي الحركات المنتظمة والمرتبة الواجب افتراضها ، من اجل انقاذ المظاهر (اي من اجل التعريف بالمظاهر) المرصودة في حركة الكواكب ؟ . في الرسيمة الافلاطونية استبدلت صحون وحلقات « اناكسيمندر » ، كليهما ، بكراتٍ ، باعتبار ان كل كوكب هو

كرة مجرورة بحركة كرة واسعة شفافة تشكل سماءها جميعاً . وتتراكم هذه الكرات بعضها فوق بعض وابعدها هي الكرة التي تضم النجوم الثابتة . وهذا التمثيل سوف يبقى طيلة ألفي سنة : حتى ان كوبرنيك Copernic نفسه حافظ عليه حين اعطى للشمس الموقع المركزي .

ايدوكس الكنيدي Eudoxe de Cnide (أوج عطائه 368) : ان اول نظام يتلاءم مع المبادىء ومع التعاليم الافلاطونية هو نظام الكرات الوحيدة المركز الذي وضعه ايدوكس كنقطة انطلاق لعلم الفلك التقليدي الذي يبدو تقدمه كسلسلة من الاصلاحات والتصحيحات الداخلة على هذا التصميم العبقري . وكانت المشكلة بالنسبة الى ايدوكس هو تفسير الحركات الظاهرة في السماء نظراً لأن الأرض تعتبر جامدة . وكان حلُّه هو التالي : ترتبط النجوم بمجرات وحيدة المركز اي ان مركز الأرض هو مركزها . والكرة الأكبر هي كرة الثوابت ، التي تدور حول محور العالم من الشرق الى الغرب . وحركتها لا تحتاجْ الى اي اصلاح . وبالمقابل يجب تفسير تيهان القمر والشمس والكواكب ، اي يجب توضيح كل حركات هذه الأجرام السماوية ،انطلاقاً من هذه القاعدة : ان الكرات المربوطة بها تتحرك بحركة منتظمة ومرتبة [اي دائرية ومنسجمة] . ولا تحل هذه الصعوبة الا بزيادة عدد الكرات التي تتحكم بحركة كل كوكب ، باعتبار ان هذا الكوكب مربوط عند نقطة من خط الاستواء بالكرة الأكثر داخلية . وهكذا وصل ايدوكس Eudoxe الى تأمل ثلاث كرات تخص القمر ، وثلاث للشمس واربع لكل واحدة من الكواكب الخمسة . والكل 26 كرة يضاف اليها كرة الثوابت أي ما مجموعه 27 . وكل نظام مستقل تماماً عن الأنظمة الأخرى : ولا يوجد اتصال بين الكرة المحيطة بكوكب معين والكرة الأكثر داخلية في الكوكب التالي . وبالمقابل ، بالنسبة الى كل كوكب ، تتصل كراته التي تتحكم بحركته فيما بينها : إذ يوجد بينها علاقة ثابتة يتوجب ان تُمَثَّلَ هكذا : نفترض وجود كرتين كرة مُحاطة وكرة محيطة ؛ ان محور دوران الأولى ثابت عند قطبي الثانية . والكرة المحاطة تخضع لدورانها الذاتي ، وبالتالي فهي مجرورة ، بذات الوقت ، بفعل الدوران فوق محور مختلف ، من الكرة المحيطة . ويرتبط النجم بالكرة المحاطة . وحركته تكون حصيلة عدد من المركبات (ثلاثة أو اربعة حسب الأحوال) تتحدد بالحركات المنتظمة للكرات . وعلى هذا ، وضمن احترام شروط التنسيق والانتظام المفروضة سابقاً على حركة الكرات ، تصبح المظاهر محفوظة . ومن البديهي ان تكون كل الكرات شفافة حتى يبقى مجمل السماء مرئياً . وفي كل نظام يكون للكرة الخارجية اطلاقاً نفس حركة كرة الثوابت ، في حين ان الثانية تدور وفقاً لمحور عامودي على المدار ، اي بانحراف يعادل تقريباً 24 درجة عن سطح خط الاستواء . اما الكرات الاخرى فتفسر انحرافاتها المختلفة عدم انضباطيتها ،(تسريع او تأخير) الملحوظة في حركات الكواكب السيارة .

وفي نظرية ايدوكس Eudoxe يبدو دوران القمر مرسوماً بصورة واضحة . فنظام القمر يحتوي ثلاثة كرات . الأولى خارجية وتدور مثل كرة الثوابت من الشرق الى الغرب خلال 24 ساعة ؛ وحركته الثانية تحدث ، بالعكس ، من الغرب الى الشرق ، ويتم دورانها خلال 223 هلة . اما الكرة الثالثة وهي الأكثر داخلية ، وهي الكرة التي يثبت الكوكب بها فتدور من الشرق الى الغرْب ، مثل الكرة الأولى انما بخلال سبعة وعشرين يوماً . ودمج هذه الحركات الثلاث يعطي فكرة تقريبية عن حركة القمر . وهي

تفسر مروره في نقاط تلاقي مداره مع مدار الشمس (العُقَدُ) وتتيح التنبؤ بالكسوفات . وفيما يتعلق بالكواكب الأخرى تكون النتائج الحاصلة اقل نجاحاً . ومنذ اواخر القرن الرابع أدخلت تصحيحات على نظام ايدوكس Eudoxe وخاصة من قبل كاليب Callippe (حوالى 335) .

وقد وضع اوتولوكس البيتاني Autolycus de Pitane (في أواخر القرن الرابع) نظرية شروق وغروب النجوم الثوابت ، حقيقة وظاهرياً ، في كتبه : « حركة الكرة » و« بزوغ وغروب النجوم » . وهذه الكتب تستحق الاشارة اليها بحكم انها الكتب الوحيدة الفلكية السابقة على العصر الاسكندراني والتي وصلت الينا نصوصها كاملة .

V ـ الموسيقى

إن البحوث التي قام بها الفيثاغوريون فيما يتعلق بالسمع تعود الى موضوعين مختلفين : نظرية طبيعة الصوت والنظرية الرياضية المتعلقة بسلم الانغام . ونظرية طبيعة الصوت سوف تدرس فيما بعد ، مع التفصيلات التي اعطيت لها من قبل ارسطو Aristote ومدرسته وبالعكس سوف نعالج منذ الآن السلم بكونه بناءً رياضياً خالصاً .

السلم الفيثاغوري : في مادة الموسيقى سبق الفن العلم بكثير ، ومن غير المشكوك به انه قبل اي بناء نظري ، كان هناك سلم عرفته الأذن ، ووضعه الموسيقيون منذ زمن بعيد . وقد اصلح السلم الفيثاغوري الأول من قبل ارسطوغزن Aristoxène ، (360 - 300) [ق . م] لأسباب مرتكزة على ممارسة الفن وعلى متطلبات الأذن . ووضع هذا السلم قد سبق اذاً القرن الرابع ، وهو ربما يعود على الأقل الى بداية القرن الخامس . وانطلاقاً من مبدأ ان الأعداد هي نموذج الأشياء ، فقد كان من الطبيعي لدى الفيثاغوريين ان يشبّهوا الأصوات بالاعداد وان يجعلوا من سلم الأصوات بناءً رياضياً . اما نقل هذه الرؤية العامة الى نظرية واضحة فيتوجب البحث عنه عند التأمل في اطوال الأوتار . إنْ اخذنا عدة اوتار متجانسة تماماً ومشدودة بالتساوي ، ولكنها ذات اطوال مختلفة ، نلاحظْ اولاً انها تعطي اصواتاً مختلفة ، كما ان هذه الأصوات تحدث انسجاماً أو ترنيماً ملِذّاً للاذن ، عندما تكون اطوال الأوتار فيما بينها بنسبة عددية بسيطة . مثلاً اذا كانت الأوتار فيما بينها كنسبة واحد الى اثنين فان الفرق بين الأصوات يكون ثُمناً . فإذا اعطى وتر ما نغم « الدو » ، اعطى الوتر الآخر النغم « دو » الأعلى . والنوتة الأكثر عمقاً ، التي يحدثها الوتر الأطول يرمز اليها بالعدد الأعلى (بعكس ما هو حاصل عند حساب الارتجافات أو الذبذبة أو التردد) .

بعد هذا يبنى السلم بحسب مبادىء « المدرسة » انطلاقاً من الأعداد الصحيحة الأصغر : 2،1 و 3 ونسبها : $\frac{1}{2}$، $\frac{2}{3}$ ، $\frac{3}{2}$وقواتها (Puissances) ، من هنا ، في نظر الفيثاغوريين ، كمال جمال النظرية .

ويحصل السلم بسلسلة متتالية من الأخماس على الشكل التالي : نفترض وتراً يعطي النوتة « دو » ، على ان يؤخذ طوله كوحدة . فان مددنا وترين آخرين طولهما على التوالي يساوي $\frac{3}{2}$ و $\frac{2}{3}$ ،

تكون النوتات المحدثة بفعل هذين الوترين ، بالنسبة الى الأكبر ، « فا » الدنيا (أو الأعمق) : fa_0 فاْ ، وإلى الأصغر تكون الـ« صول » الأرفع : Sol_1 صول[1] . وبنفس الأسلوب ، وباتجاه النوتات الأعلى ، نأخذ وتراً يساوي $\frac{2}{3}$ من طول وتر صول . ونحصل عندها على « ري » من المثمّن الأعلى « ري 2 » . وبالنسبة الى « دو » الأساسية يكون للوتر ري 2 طول يساوي : $(\frac{2}{3})^2$. وتأتي بعدها الأوتار ذات الطول : $(\frac{2}{3})^3$ ، (يعطي لا 2) ، و $(\frac{2}{3})^4$ (= مي3) واخيراً : $(\frac{2}{3})^5$ (= سي 3) .
ولما كانت اي نوتة ، مع ذات النوتة من المثمّن الأدنى ، بنسبة البسيط الى المزدوج ، يكفي من اجل بناء السلم (مثمن واحد) مضاعفة اطوال ري 2 ولا 2 ثم تربيع اطوال مي 3 وسي 3 ، ثم قسمة وتر « فا » باثنين . فنحصل بالتالي على سلسلة من ثماني نوتات متدرجة من دو الى دو ، وتمثل اطوال الأوتار بالكسور التالية :

$$1, \quad \frac{4}{9}\times 2, \quad \frac{16}{81}\times 4, \quad \frac{3}{2}\times\frac{1}{2}, \quad \frac{2}{3}, \quad \frac{8}{27}\times 2, \quad \frac{32}{243}\times 4, \quad \frac{1}{2};$$

وهذا ما يمكن ان يكتب على الشكل التالي :

$$1, \quad 2^3/3^2, \quad 2^6/3^4, \quad 3/2^2, \quad 2/3, \quad 2^4/3^3, \quad 2^7/3^5, \quad 1/2.$$

واخيراً ان اختزلنا هذه الكسور بنفس المخرج $(2^2 \times 3^5)$ نرى في الحال انها يمكن ان تُستبدل بسلسلة من الأعداد الصحيحة : 972 ، 864 ، 768 ، 729 ، 648 ، 576 ، 512 ، 486 . هذه الأرقام تتحكم ، مع غيرها في علاقات روح العالم عند « افلاطون » (تيمي Timée 36 B ...) .

نظرية « دياز dièse » و البيمول bémol (علاقة الرفع والخفض) : والآن ان تابعنا سلسلة الأخماس انطلاقاً من « سي 3 » ، نأخذ وتراً طوله ثلثي وتر « سي 3 » ، فنحصل على نوتة لا تختلط ، كما يُظَنُ مع النوتة التي تعطي فا 4 ، وان كانت ادنى منها بقليل . بحيث انه بعد التضعيف المتتالي ، نعود بالنوتة الحاصلة الى المثمّن الأول ، ونصل الى نوتة وسط بين « فا 1 » و « صول 1 » . وهذا ما يسمى بالـ«فا» « دياز » أو « فا » الانتقالية . ويكفي السير في نفس الطريق للوصول الى السلم الكامل في النوتات الديازية . وان سرنا بالعكس ، باتجاه الأصوات العميقة نزولاً من مخمّس الى مخمّس تحت « فا 5 » (fa_5) نحصل على نوتات تعطى ، بواسطة التنصيف المتتالي سلسلة النوتات البيمولية .

ونلاحظ من جهة انه في هذا البناء الاكثر تعقيداً لا تتدخل دائماً الا الأعداد الثلاثة الاولى ومضاعفاتها .
ومن جهة ثانية ، ان سلسلة النوتات الديازية لا تختلط مع سلسلة النوتات البيمولية . ان «مي » بيمول ، و « ري دياز » ، هما مثلاً نوتتان مختلفتان . من الناحية الرياضية الخالصة يبدو بناء السلم الفيثاغوري بسيطاً وواضحاً ولكنه صعب التطبيق فنياً ويستعصي على صنع آلات الموسيقى . ولهذا ، ومن جيل الى جيل ابتداءً من « ارسطوغزين » Aristoxène ادخل الموسيقيون والمنظرون عليه تحسينات جعلته اسهل استعمالاً عند التطبيق واكثر تعقيداً من الناحية الرياضية .

نضيف ايضاً ان بناء السلم قد طبق في علم الفلك ، بعد ان شبهت المسافات بين النوتات ، بالمسافات المتتالية بين النجوم والأرض .

VI ـ علم البصريَّات (اوبتيكا)

لم يظهر العلم الرابع الصحيح المتطور من قبل الاغريق وهو علم البصريات ، لم يظهر في التراث الا في مطلع القرن الثالث ق.م ، من خلال كتاب « اوبتيكا » المنسوب الى « اقليدس » . ولكن الأجزاء والمصنَّفات عن سابقي « سقراط » ، وبعض صفحات من « افلاطون » و « ارسطو » ، ثم تعابير الجيومتريين ، المتعلقة بالخط المستقيم ، كل ذلك احتوى على بقايا من علم البصريات المتكون قبل العهد الهلينستي . وبعكس علم البصريات الاسكندري الذي يُشَبِّهُ الشعاع البصري بخط مستقيم جيومترياً ، دون الاهتمام بطبيعة الضوء . بحث هذا العلم القديم عن حلول لمسألة الجوهر الفيزيائي وانتشار الضوء ومسألة كيفية الأبصار النظري . ويدل تعريف الخط المستقيم «اي الخط الذي يَحْجُزُ قسمُه المركزيُّ بين طرفيه » وكأنه مقدم من افلاطون (بارمينيد E 137 Parmènide) ، واستعاده من ارسطو (توبيكا 29 b 148 Topique) ، وذكره تيون Théon الاسكندري في كتابه « كاتوبريك » Catoptrique ،) ، والتعابير : « توتر » ، « طراوة » ، التي يطبقها بعض الكتاب على الضوء[1] ، تدل على ان قانون الانتشار المستقيم للضوء قد ثبت بموجب تجارب اجريت بواسطة الخيط ، تجارب اظهرت شكل شعاع الضوء كمشابه لصورة توازن خيط مشدود ، اي خط مستقيم . حول الطبيعة الفيزيائية للضوء صاغ الاغريقيون خلال الحقبة الهلينية فرضيتين اساسيتين . فحتى ارسطو ، كان العلماء والمؤلفون في علم الكون قد ادخلوا في نظامهم التمثيل الشعبي والشاعري المشهود منذ « هوميروس » ، وبموجبه يعتبر الضوء ناراً من نوع لطيف بشكل خاص . هذه المادة النارية للضوء اخذها « هيراقليط » وكذلك امبيدوكل Empédocle . وهي تدل على بنيةٍ حُبَيْبية عند الذريين وعند افلاطون في تيمي Timée . وفي فيزياء امبيدوكل يتشكل الضوء بحجم مقذوفة من قبل المصادر المشعة ، ومن العينين ، اوتنفصل عن الأجسام المرئية . وعند « ديموقريط » وافلاطون يشكل الضوء نافورة متتالية سريعة من الجزيئات التي تعتبر ملآنة عند الأول وفارغة من الداخل عند الثاني . وفي النظامين يتسجل هذا القذف المتقطع بالرؤية البصرية لدى الكائنات الحية وكأنه مدّ مستمر . تقتصر الذرية عند ديموقريط ، مثل كل الصفات الحسية ، على التحديدات الفضائية للذرات المشعة من الأشياء الملونة . وينطبق كل لون خاص ، وفي الواقع الحق ، على شكل وعلى اتجاه خاصين وعلى مجموعة خاصة من الذرات . وقد حفظ لنا تيوفرست Théophraste في كتابه « الموسع في الاحساس » عددا من هذه المطابقات .

وفي تيمي Timée عند « افلاطون » ، ومنذ ان كان الضوء شكلاً من النار ، فان دعامته المادية هي ذاتها دعامة النار . واذاً فالضوء يتكون ، على صعيد الشيء غير المرئي ، من سلاسل من المجسمات ذات الأوجه الأربعة تتحرك بسرعة عظيمة . والشيء الذي يميز الألوان في هذا المستوى هو تنوع ضخامة المجسمات المذكورة وتفاوت السرعات (راجع بصورة خاصة تيمي E 67) .

---

(1) راجع افلاطون ، الجمهورية B 616 ، وجيمينوس ، مقتطفات 12,24 في داميان ؛ غاليان .

هذه التمثيلات الجسيمية للضوء يعارضها ارسطو بنظريته الديناميكية . فبالنسبة اليه يعتبر الضوء تغييراً نوعياً خالصاً في الوسط حيث توجد البؤرة المولدة والشخص الرائي . ان الضوء هو عمل أو فعل الوسط الشفاف عندما يتلقى دفعاً من النار او من عنصر كمثل عنصر الطبقة العليا . (في النفس 418,b 9) . وبعكس ما هو حال الضوء المادي الذي ينتشر ، عند «امبيدوكل» وعند افلاطون بسرعة متناهية ، تجتاز وهي آتية من الشمس الفضاء الوسيط قبل ان تصل الى حواسنا البصرية ، (في الاحساس 446 a 26) ، ينتشر الضوء فوق الجسدي ، بحسب رأي ارسطو حالاً اي بسرعة لا تُحدّ . ويتغير الوسط (بفعل النار) فجأة ، كما الماء حين يتجمد بكل جرمه ، (الاحساس 447,a 1) . هذه النظرية الأرسطية التي تعطي للمكان الشفاف مفعولاً هي اول محاولة في التاريخ لتفسير ظاهرة الضوء دون الاستعانة بصورة الجزئيات النارية المقذوفة من قبل مصادر الضوء عبر الفضاء . وقد استذكر غوته Goethe في كتابه « نظرية الألوان » المفاهيم البصرية عند ارسطو .

واستخدم ارسطو ، في تحليلاته للظاهرات البصرية الخاصة ، وَهْمَ الشعاع البصري . فكيف توصل اليونان الى تخيل هذه الصورة للضوء ؟ من اجل العثور على اصولها ، تجب العودة الى القصائد الهوميرية . والفرضية الأساسية المتعلقة بالضوء وبالرؤية المشاهدة في العديد من مشاهد ومقارنات الألياذة L'Iliade والاوديسة L'Odyssée يمكن ان يستفاد من خلال هذه الاحكام المتعارضة بعضها مع البعض :

1 ـ ان عيون الكائنات الحية تقذف اشعة من نار لطيفة ، والرؤية تتم بالتقاء هذا الشهب مع النار الداخلية مع الضوء الخارجي (Cf. Iliade, I, 104 et XIX, 365, Odyssée, XIX, 446) .

2 ـ كل شيء ، في الكون ، يشع ضوءاً ، مزوداً بقدرة على النظر . ويسري هذا على الشمس بشكل خاص (Cf. Iliade, III, 277 et XIV, 344, Odyssée, XI, 109,etc.) .

هذا التصور الشعبي لعملية الرؤية ، وصلت عبر الشعراء ، بعد « هوميروس » الى فلاسفة الطبيعة في القرن الخامس واصبحت من مبادىء التفسير الذي قدمه « امبيدوكل » بشأن الادراك البصري .

ولكي يُدخل « أُمبيدوكل » التصور الموروث في فيزيائه « القطبية » حيث تغير الصيرورة الكونية بصورة دورية ، من اتجاهها ، عزل بين العاملين اللذين احدث تعاونهما الآني الرؤية لدى « هوميروس » وخلفائه . والرؤية عنده تحدث « تارة » ، أي بخلال المرحلة الكونية المحكومة « بالحب » بواسطة دخول دفقات من النار اللطيفة تشعها الأشياء ، الى العين ، دون ان يكون هناك بذات الوقت ارسال اشعة من نار من العينين . وطوراً ، أي بخلال المرحلة الكونية المحكومة بالقوة المكملة ، أي الحقد ، فيرى الأحياء بواسطة الأشعة المقذوفة من عيونهم فقط ، دون ان يلتقوا في اعماقهم سحبات من نار خارجية .

ولأن امبيدوكل تجاهل اهمية هذه الـ « تارة » . . والـ« طوراً » اخذ عليه منذ « ارسطو » عدم التماسك في تفسيره لظاهرة الرؤية . والواقع ان بصريات امبيدوكل تدخل بصورة منطقية جداً في

التناقضية العامة ، في البنية « الاستكمالية » لفيزيائه حيث تكون كل الظاهرات ، حتى الولادة وموت الأجسام ، « مزدوجة » بحسب تعبير المفكر . ومن بين هاتين الأواليتين المتناقضتين في الرؤ ية ، لم يحفظ لنا التراث الاّ اوالية نظام الحقد . وفي الجزء 84 الشهير من طبعة « ديلز » Diels يشبه امبيدوكل العين التي تحدث الرؤ ية البصرية بمصباح يقذف نوره من خلال غشائه الشفاف ذي المسام الذي يترك للنار الداخلية ان تمر .

ويستعين افلاطون بدوره بالحركتين المتعارضتين للضوء ، ولكنه في فيزيائه الخطوطية ، وبدون تراجعات ولا ارتدادات دورية ، تحدث الرؤ ية البصرية بمفعول مزدوج ، شعاع تقذفه العين وشعاع ينفذ اليها . وفي الصفحات المتعلقة بالبصريات في التيمي Timée (B 45... و D 64) يصف افلاطون اوالية « الصهر » (Synaugie) (آيتوس) ، أي انصهار الاشعاعين المتعاكسين في جسم واحد هو « جسم الإبصار » الذي يسنده الأحياء « وكأنه عصا » (الكسندر) الى الأشياء ، من أجل رؤ يتها . واخيراً ، وبناءً على مبادهة من منظر معاصر لارسطو أو واقع بين ارسطو وافلاطون يصبح هذا الجسم ، جسم الرؤ ية الذي له عند افلاطون شكل مخروط مفكك جداً ، الخط المجرد « لشعاع البصر » ، الذي بواسطته نرى ارسطو يعمل به وكذلك كتب البصريات في الحقبة الهلنستية .

إن التراث من زمن « افلاطون » و « ارسطو » لم يحتفظ بأي اثر لتطبيق الانكسار أو التفارق الضوئي في مسألة بصرية . ويمكن ان نستنتج بعض الملاحظات المعزولة حول هذه الظاهرات (مثلاً في الصفحة E 45 من التيمي) حيث يستعمل افلاطون كلمة « انتشار الضوء » . وفي تحليلاته الملحوقة بالظاهرات البصرية الفضائية مثل الهالة (متيورولوجيك 373 34,b...) وصورة الشمس من وراء السحابة (نفس المصدر 377 - 30,a...) وقوس قزح (نفس المصدر 375 16,b...) ، لم يُدخل ارسطو الاّ انعكاس الضوء . وعلى سبيل المثال نورد خلاصة لنظريته حول قوس قزح ، وهو خليط عجيب من الملاحظات الصحيحة ومن الاستنتاجات المضللة :

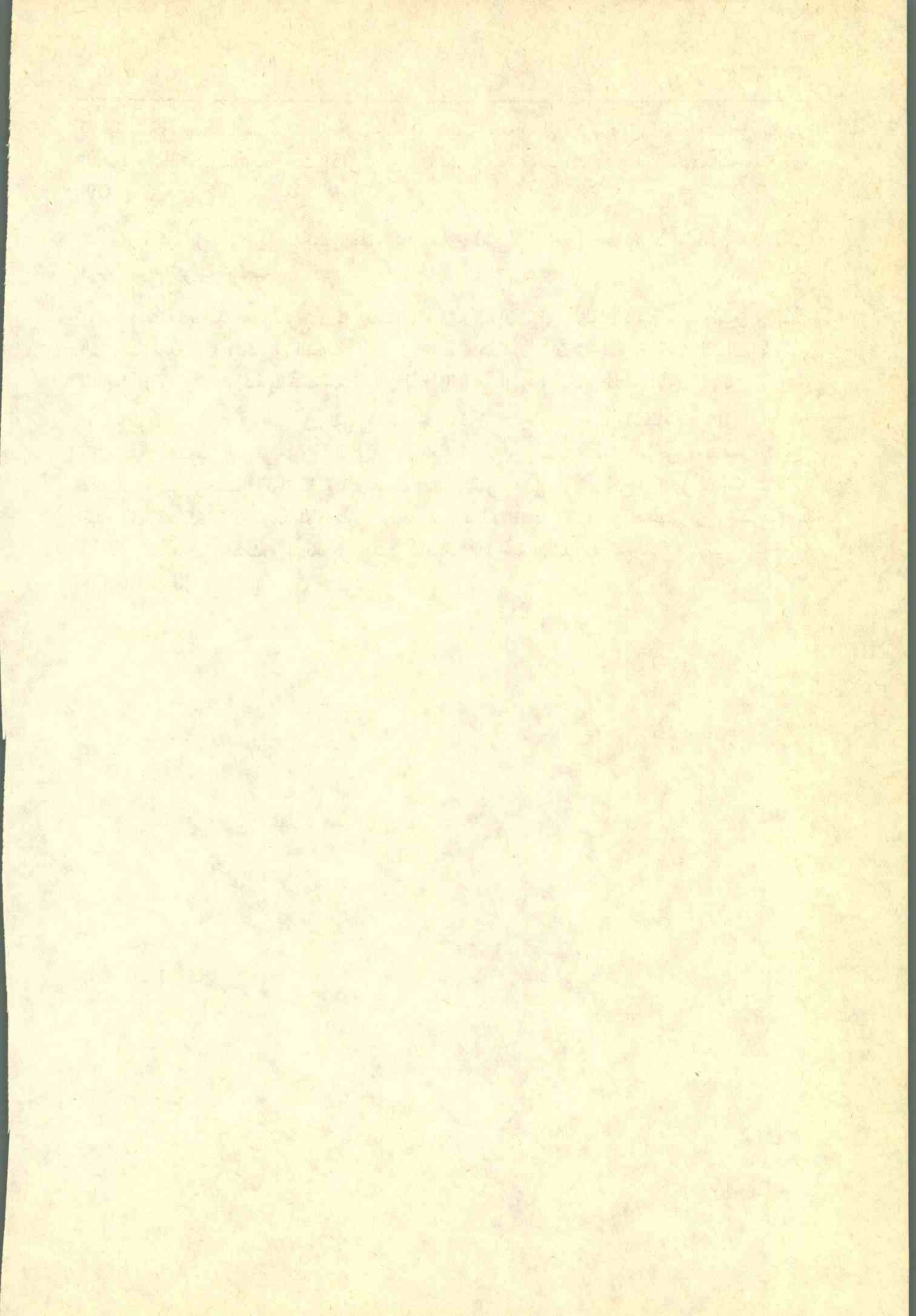
يعتبر قوس قزح ظاهرة انعكاسية خالصة ، فشعاع البصر ترده الحبيبات المعلقة في المطر أو في الغيوم ، (والتي [اي الحبيبات] تشبه المرايا الصغيرة المسطحة) ، نحو الشمس أو القمر . ويفترض « ارسطو » ان القسم من الشعاع البصري الواقع بين عين الرائي ونقطة السقوط ذو نسبة ثابتة مع القسم من الشعاع المنعكس الواقع بين نقطة السقوط والانعكاس ، والكوكب .

واستناداً الى هذا ، وبما ان المكان المحوري « الجيومتري » Lieu géometrique للنقط ـ التي مسافاتها تجاه نقطتين ثابتتين ، تبقى ذات نسبة ثابتة ـ هو دائرة يقع مركزها على المستقيم الذي يجمع بين نقطتين ثابتتين ـ هذه الدائرة تحمل في كتبنا الجيومترية اسم ابولونيوس Apollonius رغم انها كانت معروفة سابقاً من قبل ارسطو ، ـ فانه لا يوجد على الدائرة الكبرى المحددة بالرائي وبالنجمة الاّ نقطة انعكاس ، أي النقطة ، الواقعة فوق الأفق ، حيث تقطع هذه الدائرة الكبرى « المركز الجيومتري » المحدد . ونحصل على كامل نقاط الانعكاس اي على قوس القزح ، عندما ندوّر نقطة الإلتقاء هذه حول المستقيم الذي يجمع بين الرائي وبين الكوكب . يستنتج ارسطو من هذه النظرية ان قوس القزح

له تماماً شكل نصف الدائرة عندما تكون النجمة المضيئة واقعة على دائرة الأفق ، وانه اكبر من نصف الدائرة عندما تكون النجمة تحت الأفق ، ويكون اصغر من نصف الدائرة عندما تكون النجمة فوق الأفق .

ولما كان ارسطو يجهل تفكك الضوء بدت ملاحظاته ، الرائعة في اغلب الأحيان ، حول الوان قوس القزح تجريبية خالصة .

« عندما يوجد قوسا قزح ، كل منهما له ثلاثة الوان ، اي الألوان ذاتها من الجهتين وبنفس الترتيب العددي ؛ ولكن في القوس الخارجي تكون هذه الألوان شاحبة اكثر من الوان القوس الداخلي ، وتكون متراكبة بترتيب معاكس . إذ في القوس الداخلي يكون للتاج الأول الدائري ، وهو الاكبر لون القرمز ، في حين في القوس الخارجي يكون التاج الأصغر ، والأقرب بالتالي الى التاج القرمزي في القوس الداخلي ، وهو الذي يرتدي هذا اللون ، وتكون التيجان الاخرى مصفوفة بشكل مماثل » (ميتيورلوجيك 371 32,b) ؛ « تحدث اقواس القزح في النهار . ولكن في الليل لا تحدث بفعل ضوء القمر . ذلك كان معتقد الاقدمين . ولكن ندرة هذه الظاهرة هي التي حملتهم على ارتكاب هذا الخطأ . لقد فاتهم الحدث . إذ بالفعل تحدث الاقواس القزحية في الليل ولكن نادراً » . نفس المرجع ، 21.a,378 وغيره) .



الفصل الثالث

السفسطائيون ، سقراط ، وافلاطون

1 ـ السفسطائيون والسقراطيون :

قلما وجد مؤرخ للعلوم لم يستشعر ، ولم يقر ببعض التردد في الاشارة ، اثناء كتابته ، الى السفسطائيين والسقراطيين ، وهما مدرستان لم يكن فيهما تعليم العلوم الوضعية محترماً ، بل ربما كان ، في بعض الأحيان ، وإلى حد ما ، مسترذلاً . ولكن مثل الايلياتيين Eléates سبق ودلنا ان الموقف الانتقادي الصريح من قبل الفلاسفة يمكن ان يكون مفيداً من ناحية تقدم العلوم ، وذلك باجبار العالم على التأكد بصورة افضل من مبادئه ، ثم على تحسين تعريفه لموضوع بحثه . وهذه المرة أيضاً انها مساهمة غير مباشرة في التقدم المنهجي الذي سوف يتاح لنا التثبت منه .

السفسطائيون : لم يكن لكلمة سفسطائي قبل افلاطون المعنى الذمي الذي اعطي لها فيما بعد . وقد استمر هذا المعنى الذمي بسهولة حتى اننا عرفنا عن طريق افلاطون بصورة خاصة السفسطائيين . ذلك ان كتبهم قد ضاعت كلها تقريباً . كان هؤلاء الحكماء ، أو سادة الحكمة ومعلموها كما يلقبون انفسهم ، كانوا يتنقلون من مدينة الى مدينة ويتكلمون في الساحات العامة . وقد ظهروا في منتصف القرن الخامس واستمر أثرهم حتى بداية القرن الرابع رغم ان بعضهم قد عايش الفيزيائيَيْن اناكساكور Anaxagore وامبيدوكل Empédocle .

وأقدم السفسطائيين هو بروتا غوراس العبديري Protagoras d'Abdère ، (480 - 410) وقد مارس التعليم في بلد نشأته أولاً ثم في صقليه Sicile في ايطاليا الجنوبية وخاصة في اثينا Athènes وهو مدين بشهرته لمعارفه الواسعة وأيضاً ، وفي جزء كبير منها ، لموهبته في الخطابة وفي الشرح التبسيطي . وقوام نظريته هو النسبية التي ترد كل شيء الى الاتزان البشري والذي يتلخص في الحكمة المعروفة والغامضة قليلاً : « الانسان هو مقياس كل الأشياء، الأشياء بما هي أشياء، والأشياء التي ليست باشياء لأنها ليست كذلك » (الجزء 1) . وينحو تعليمه الأخلاقي الى تهديم كل علم وضعي يتعلق بالكائن وخاصة الرياضيات . ولم يكن بروتاكوراس يتصور الاشياء إلا كظاهرات يراها الانسان . ان الانسان لا يرى خط المماس الذي يلامس الدائرة في نقطة واحدة . وإذاً فالمماس يلامس الكرة في اكثر من نقطة واحدة (جزء A 7) .

ولكن يجب ان نحذر من مثل هـذه المغالـطة التي ان قبلت على حـرفيتها تؤدي الى تهـديم كل جيومترية ، وتجلب انتباه الجيومتري الى ان تحليله يطبق على رسوم مثالية ، الأمر الذي يضطره بالتالي الى الاعتراف بالصفة التجريدية لعناصر علمه الأولى .

في الفصل السابق ، وعند البحث في تقسيم الزاوية ثلاثة اقسام وفي تـربيع الـدائرة ، ذكـرنا سفسطائيين لم يكونا معاديين للرياضيات ومحتقرين لها كاحتقار بروتاكوراس Protagoras لهـا ، وهما : هيبياس الإليسي Hippias d'Elis ، وانتيفون Antiphon . وإذا صدقنا « افلاطون » يكون هيبياس Hippias قد علم الحساب والجيومتريا والفلك والموسيقى (« بروتاكوراس » ، d - e,318) . امـــا انتيفـون Antiphon فان اسلوبـه في تـربيـع الـدائـرة يـرشـح منـه ان آراءه لم تكن بعيـدة عن آراء بروتاكوراس ، لأن مضاعفة اضلاع متعدد الأضلاع المحصور ضمن الدائرة ، وغير المحدد نظريـاً ، فانه لا يُتَابَعُ عمليـاً إلا الى النقطة التي يصبـح فيها متعـددُ الأضلاع ، في نـظر العينْ ، دائـرة . ينتقد ارسطو Aristote بشـدة هذه الـطريقـة . ولكن انتقـاده لا يكـون صحيحـاً الا بمقـدار مـا يكـون انتيفـون Antiphon قد ادَّعى انه يقدم لمسألة تربيع الدائـرة حلاً دقيقـاً . فهل ادَّعى ذلـك حقاً ؟ أوَلاَ يجب الافتراض أولاً ان انتيفون ، بحكم امانته لمبادىء بروتاكوراس ، كان يرى الكفاية المقنعة في التقريب المؤدي الى مستوى الدرجات السفلى المحسوسة ؟

وهناك سفسطائي آخر مشهور هو غورجياس الليوتي Gorgias de Léontium الذي أقام في « اثينا » في سنة 427 . وبرأيه ان احتقار العلم وكل معرفة يجب ان يبلغ اقصى الدرجات . وكـانت عدميته كاملة . في نظر غورجياس لا شيء مـوجود ؛ وحتى إذا وجـد شيء ما فنحن لا نعـرف شيئاً . وبفرض المحال انا عرفنا شيئاً ما فانَّ لغتنا لا تسمح لنا بنقل هذه المعرفة الى الغير . وإذاً فهو لا يشكِّك فقط بالعلم بل يشكك بموضوع العلم وبتعليم العلم . ولكن يجب من غير شك ، كما يشير بـحـق أوجـين دوبرييـل Eugène Dupréel (السفسطائيـون ، بـاريس 1948) الانتبـاه الى هـذا الـظُرْف الشهم ، والى هـذا الذوق المحب للغـرائب ، والذي بـه يحب الفنانـون ارعاب البـرجوازيـين وغـير المثقفين .

ويجب ان نذكر ايضاً اسم بروديكوس السيوسي Prodicos de Céos الذي يبدو تأثيره عـظيماً جداً ، إذ يقال ان توسيديد Thucydide واوريبيد Euripide كانا من تـلاميذه ، رغم انـه كان هـو بنفسه اخلاقياً .

سقراط Socrate : (ولد في « اثينا » سنة 470 - 469 ، ومات سنة 399) . يذكر سقراط دائماً وكأنه نقيض للسفسطائيين، في محاورات افلاطـون . الا ان عقائـده ، مع الاختـلاف الكبير الـذي سنوضحه ، لم تكن بعيدة عن أفكار خصومه ، وخاصة فيما يتعلق بقيمة العلم .

يذكر كسينوفون Xénophon (مذكرات ، 7,4) ان « سقراط » قال : « يجب تعلم الجيومتريا الى حد نصبح فيه قادرين على قياس مساحة ارض نريد أن نشتريها أو نقسمها أو نفلحها . . ولكن متابعة دراسة الجيومتريا الى حد المسائل الأصعب ، فهذا امر لا نحبِّذه : وكـان يقول : لا فـائدة من ذلـك

ابداً . ليس لأنه كان يجهلها بنفسه ؛ بل كان يزعم انَّ هذه المسائل تقضي على عمر الانسان وتحوِّله عن دراسات اخرى مفيدة » (ترجمة تالبوت Talbot) .

هذا الأسلوب في عرض المسائل العملية والبشرية يدلنا على ان سقراط كان في وضع قريب جداً من وضع بروتاغوراس Protagoras . وهناك عقبات من نفس النوع وضعت بوجه دراسة علم الفلك والفيزياء . كان « سقراط » يحارب العلم الخالص التجريدي . ويمكن تقريبه ، لا من « بروتاغوراس » فقط بل ايضاً من غورجياس Gorgias ، وذلك عندما ينكر بصورة مطلقة وجود العلم وامكانه . وانتقاده لكل معرفة عند الكائن الحساس تقرب من « السخرية » وتلخص بالحكمة المشهورة : « اعرف شيئاً هو ، انني لا اعرف شيئاً » .

والطبيعة ، إذا وضعت هكذا ، خارج حقل المعارف الممكنة ، فماذا يمكن ان تتناول هذه « الدراسات الأخرى المفيدة » التي يتكلم عنها كسينوفون Xénophon ؟ . ان هذه المعارف تقتصر على المعرفة بالانسان ، معرفة معروضة بشكل طاعة لنصيحة العرَّافة : « اعرف نفسك بنفسك » . وإذا كان سقراط يبدو هنا ضمن الخط الذي رسمه السفسطائيون ، وإذا كان قد ابتعد عنه وانتهى الى استنتاجات اخرى مختلفة ، بمعنى ان هذه المعرفة بالذات تبدو له خصبة فهي تتجاوز ذاتها ، وتوصل الى حقائق عليا . فضلاً عن ذلك انها قابلة للنشر والتبليغ . ومعرفة الذات يمكن ان توقظ عند الآخرين الرغبة في معرفة ذواتهم ، وفي تعلم الطريقة ، في توليدهم ، وجرهم عبر معرفة انفسهم ، نحو « المطلقات » التي وضعها تشاؤم السفسطائيين خارج متناول ايديهم . وها نحن ضمن خط الافلاطونية ، وكان سقراط بذاته مدرسة ، واحاط به تلاميذه حتى موته . وبعده ، سرعان ما توضحت الميتافيزيا الموجودة في محادثاته العادية وازدهرت . في هذا الوسط السقراطي برز رأي مشترك ، مفاده ان العالم الحسي ليس هو كل الكون ، إذ ، كما كتب البير ريفو Albert Rivaud يوجد عالم آخر ، تكمن فيه الأشياء في نقائها، هذه الأشياء التي لا يظهر منها في هذه الدنيا الا ظلها المتغير . ونحن لا نشير هنا إلّا على سبيل التذكير ، الى المدارس الأخرى المرتبطة بالسقراطية بصورة تقليدية مثل : الكلبيين والسيرانيين [نسبة الى سيرين مدينة يونانية في ليبيا] والميغاريين [نسبة الى مدينة ميغار اليونانية] الذين كانت مساهمتهم في تقدم العلوم تافهة أو معدومة ، ونشير مع ذلك الى ان ازدهار كل هذه النظريات ، التي تشترك فيما بينها بالأهمية المعطاة للانسان وللسلوك البشري وعلى العموم للحياة الداخلية ؛ هذا الازدهار احتل في تاريخ الفكر مكانة مهمة جداً لخصت بقول شيشرون Cicéron ان « سقراط » « انزل الفلسفة من السماء إلى الأرض » . وهذه العبارة التي قد يحكم عليها بانها غير مناسبة وغير كاملة ، ان نحن نظرنا الى قفزة الفكر السقراطي نحو سماء المعقولات ، يجب ان تؤخذ في معناها الضيق والمحدود . وهي تعني ان السابقين على سقراط من الرياضيين والفيزيائيين والفلكيين لم يجعلوا من الانسان موضوع دراستهم ، (باستثناء الأطباء طبعاً ، ولكن هؤلاء لا ينظرون إلّا الى الجسد) . وبعد « بروتاكوراس » و« سقراط » اصبح الانسان هو المحور : الانسان كمفكر ، الانسان كمتأمل للكون . هؤلاء المزدرون : للعلم كانوا اول من نبه ، تجاه الشيء المراقب المرصود ، الى الانسان المراقِب الذي ينسى ذاته .

II ـ افلاطون

يبدو افلاطون (7/428 - 348) أولاً كفيلسوف تأمل في الطبيعة ، طبيعة الفكر العلمي . ولكنه بعكس السفسطائيين وبعكس سقراط Socrate ، لوّن تأمله بالثقة وبالمحبة . وقد وضع العلم في المرتبة الأولى من كل نشاط عقلي . واهتم بالمباديء والمناهج وبأحدث ما قدمته الرياضيات من تقدم . وفي مادة الفيزياء وعلم الفلك ، صاغ بنفسه الفرضيات الأكثر جرأة ، المتعلقة ببنية العناصر الأولى في الكون المحسوس ، والمتعلقة بالقوانين التي تتحكم في مجمل هذا الكون .

1 ـ افلاطون والرياضيين :

ليس لنا ان ننظم هنا جدولاً بالمقاطع الرياضية التي وضعها افلاطون . يكفينا ان نعرف ان اياً من المسائل التي كانت تشغل الرياضيين في عصره لم تكن غريبة عليه . فهو لم يكن يجهل لا اكتشافات تيودور Théodore ولا تقديمات تيتيت Théétète لنظرية الأعداد غير الجذرية ولنظرية متعددات الأوجه المنتظمة ، ولا بالطبع اعمال ايدوكس Eudoxe التي كانت تتحكم بالفكر الرياضي في القرن الرابع . الشيء الذي يجب ان نسأل أنفسنا عنه هو : كيف طبق تفكير افلاطون على هذه المعطيات ، وبالدرجة الأولى لماذا اعطى للرياضيات اهمية كبيرة الى حد أنه اراد ، على ما يقال ، ان يُحفَر فوق واجهة الاكاديميّة العبارة الشهيرة : « لا يدخل احد ان لم يكن جيومترياً » .

علم العلاقات المستقرة : من المعلوم ان افلاطون قد ركز على التمييز ، (الذي سبق واستشعره سقراط) بين الأشياء المحسوسة وغير الكاملة والمتغيرة ، ونموذجها الأبدي ، والأفكار الكاملة والثابتة . وبين هذين المجالين بدت له الأمور الرياضية واقعة في مجال وسط . نذكر مَثَلَ الرسوم الهندسية الجيومترية التي يقدمها الواقع كما تجسِّدها الطبيعة أو الاصطناع : دائرة مرسومة ، أو جسم كروي . هذه الرسوم تبدو غير كاملة وهي بالضرورة كذلك . والانسان الذي يعود اليها يضطر الى القول بان الدائرة ومماسها يتلامسان في اكثر من نقطة . ولكن الذي ينظر الى الدائرة المثالية والى المماس المثالي يعرف بدون صعوبة انهما لا يشتركان إلّا في نقطة تماس واحدة بدون سماكة . ويُقصد بكلمة دائرة مثالية الدائرةالتي تستوفي تعريف الدائرة ، وهي الدائرة التي يتخذها الرياضي موضوع دراسة . وإذاً فالأمر يتعلق في النهاية بمفهوم تصوري . ولكن كيف يمكن الحصول على هذا التصور ؟ لا يمكن ذلك عن طريق التعميم انطلاقاً من سلسلة من الأشياء الحقيقية ، إذ لا يوجد في الواقع سلسلة ، ولا حتى شيء واحد يتماشى تماماً مع تعريف الدائرة . وإذاً فوجودها هو نوع من الادراك المباشر لشيء ضروري ـ سابق على التفكير وليس مخلوقاً من قبله ـ شيء مأخوذ من الحدس . وطريق الوصول الى هذه الحقائق العقلية التي هي مواضيع الجيومتريا الحقة هو « الإحياء أو التذكّر » . ولن نتوسع حول الوسائل والتمارين التي من شأنها مساعدة هذا الاحياء . الشيء الذي يهمنا هو تفسير ظهور الكائنات الرياضية ، التي لا تفسر عن طريق التفكير بالواقع . هناك نظرية اولى في التذكر معروضة في كتاب « مينون » (Ménon) . وفيه يدعو « سقراط » عبداً ليحل بنفسه مسألة تضعيف المربّع ، مستعيناً باسلوب « التوليد » . وتحمس العبد فتذكر . وبحسب هذه النظرية الأولى لم يكن الإحياء الا تذكر

المعارف التي اكتسبت في حياة سابقة من واقع معاش سابقاً . ولهذا لا يكون فقط منقطعاً بل هو ايضاً جزئي . ويتوجب اكماله وتفسيره : وهذا هو دور الوعي الحاضر الذي قدمه سقراط . والتوضيحات حول عملية الإحياء كما قدمت في كتاب فيدون ، لا تغير شيئاً جوهرياً في هذه المعطيات . ولكن فيما بعد ، في كتاب تيمي ، انعكست المواقف : ان المعرفة « لا تتحصَّل باعادة استجلاب الذكريات ، بصورة تدريجية من حياة سابقة تفهم هي بدورها سنداً لنموذج الزمن » . (إذ لا يعني هذا الا اعادة نقل المشكلة ، مشكلة الاكتساب الأول) ، « ولكن بفعل الاستباق الحدسي لحقيقة سحبت من هيمنة الزمن » (شارل موغلير Charles Mugler) .

هذه النظرات حول مصادر المعرفة تُفهم تفضيل افلاطون العلوم الرياضية والمكانة العظيمة التي يعطيها اياها بالنسبة الى العلوم الأخرى التي موضوعها الكائن الحسي . والعلوم الرياضية تعطي فكرة عن اهمية « التعاريف » اهميةً تظل اساسية وجوهرية عند اقليدس وارخميدس وفي كل الرياضيات اليونانية اللاحقة . ونظراً لغياب ركيزة مادية جُعلت خيالية بفعل استحالة تحقيق رسوم كاملة ، ارتكز كل بناء العلم على المفهوم .

إن التعريف يعطي للموضوع الرياضي شكله الجامد Statique ، الأبدي ، حقيقة مطلقة في مواجهة المظاهر العابرة . نقطة انطلاق مشتركة بين الرياضيات والدياليكتيك . فالتعريف لا يستخدم فقط لتحديد الأشياء وللدلالة على وجودها : انه أي التعريف يعبر عن طبيعة الموضوع ، ويعلن عن صفته الأساسية . هذا الاهتمام الدائب في تعريفات موضوع الجيومتريا حمل « افلاطون » على تقديم الخط المستقيم على انه محور دوران جسم صلب مثبت بنقطتين من نقاطه (الجمهورية E 436,4) ، أو كأنه رسمة التوازن في خيط مشدود (مينون B. 85 Ménon) أو بشكل شعاع من ضوء (بارمينيد E 137 Parménide) .

سبق وأشرنا الى كلمة ستاتيك « جامد » ، لأن هذه الكلمة هي التي تعبر بصورة فضلى عن البعد الذي يتوجب على الرياضي بحسب رأي افلاطون Platon ، ان يضع فيه نفسه . والهدف المبتغى هو التعبير ، بين اشياء هي بذاتها غير معرضة للتغيير اطلاقاً ، عن علاقات مستقرة . وهذا يحملنا الى العودة الى مسألة الأرقام غير الجذرية ، ثم عن هذا الطريق ، ابراز الدور الرئيسي لايدوكس Eudoxe .

الأرقام غير الجذرية وتعريف الكلمة « لوغوس » Logos : بالنسبة الى الفيثاغوريين ، وهم واضعو الأعداد غير الجذرية ، كان اكتشاف هذه الأعداد غير الجذرية خيبة امل على الأقل ان لم يكن كارثة . فتبين الصفة غير القابلة للصياغة ، وغير المنطقية ، للمبالغ والمقادير السهلة البناء والتي يبدو وجودها الفضائي اكيداً ، كل ذلك يعني انهاء حلم كبير يتناول علم الحساب الشامل . ولكن ، الا يعني ذلك ايضاً ، وبصورة مسبقة تعطيل المطلب الافلاطوني لعلمٍ قائمٍ بصورة كاملة على المعقول ، ضمن احتقارٍ لكل بناءٍ مادي ؟

لا ، من غير شك ، إذ لتفادي هذه الصعوبة كان يكفي توسيع مفهوم الكائن ، والقول بأن

العدد الخفي ليس كل شيء ، وان المعترض (la diagonale) (مثلاً) لا يحتاج الى عدد يحدده بالنسبة الى ضلع المربع . فلكي ينوجد ، ولكي ينوجد بصورة منطقية ، يكفي تعريفه بصورة صحيحة ، ولكن ها هي الاكتشافات التيودورية تعيد النظر بكل الأشياء . فتيودور Théodore السيريني ، كما يخبرنا « التيتيت » (Théétète) بيّن عدم جذرية جذور الأرقام الصحيحة غير المربعة من 3 الى 17 . وكل هذه المقادير تخضع لبناءات جيومترية ، ولا تظهر في بادىء الأمر كيف ان ماهية البرهان على عدم جذريتها ، يمكن ان يحدث صعوبة جديدة . ثم انه ليس وجود هذه اللاجذريات (التي سبقت معرفتها حتماً) هو الذي ازعج « افلاطون » ، بل [الذي ازعجه هو] اسلوب تبيين عدم جذريتها ، هذا الأسلوب الذي استعمله « تيودور » . لا يقول افلاطون شيئاً عن البرهان التيودوري ، ولكن يبدو من المؤكد ان تيودور لم يلجأ الى استعمال البرهان القديم « المُحالي أو الخُلْفِيْ » ، عن طريق المزدوج والمفرد ، الذي يكشف نوعاً ما ودفعة واحدة واقعة اللاجذري . بل استعمل برهاناً : « الكسر المستمر » الذي يظهر المقدار اللاجذري كغرض ملاحق الى ما لا نهاية ، ويستحيل الوصول اليه .

هذه الوسائل اللا متناهية الصغر كانت من حسن الصنعة بحيث تزعج افلاطون لأنها تبدو وكأنها ترمي الكائن الرياضي في حقل المتحرك وغير المستقر وغير المحدود انها ترميه في الابيرون Apeiron . ولا شك ان اعمال تيتيت Théétète ، حين اقترح اللاّجذري تعريفاً اكثر عمومية ، قد ساهمت في التقريب بين وجهات النظر التيودورية حول الستاتية الفيثاغورية ، وبالتالي ساعد في ارضاء افلاطون . ولكن هناك شك يمكن ان يظل قائماً . وسوف يستبعده « ايدوكس » الذي رد [الكائن الرياضي] بواسطة مفهومه الجديد للكلمة الرياضية ، الى حقل المفاهيم المستقرة[1] ولا نستطيع الالحاح على الأهمية الرياضية التي كانت للفرضيات المتعلقة بالأُسَّاتِ أو النِسَبِ .

يكفي ان نذكر انه بفضل هذه الفرضيات أو المقترحات ، أدمج اللاجذري ضمن المعالجة الحسابية (arithmétique) لمسائل الجيومترية ، وان افلاطون قد ادرك كل اهميتها ، كما يعرف ذلك من خلال مقطع ورد في « بارمينيد » (b - d 140) . فضلاً عن ذلك ان العدد من المقاطع التي يشير فيها الى اللاجذريات (هيبياس ماجور Hippias majeur ، b 303 ؛ القوانين ، 7 ، d 819 - b 820 ؛ ابينوميس Epinomis ، a,991 - C,990 الخ) يدل على اهتمام دائم : اهتمام في التغلب على عقبة ظلت لمدة طويلة تعتبر مستعصية لا تذلل ، ثم وضع الحقائق الرياضية بمأمن من غزو « اللا محدود » .

الفرضية الرياضية : ان القيمة العظيمة التي اعطاها « افلاطون » للرياضيات (بالمقارنة مع علوم الطبيعة) يجب ان لا يحملنا على الظن انه ذهب الى حد اعتبارها وسيلة للوصول الى الحقائق المُطلقة . إن ما اورده حول الفرضية يحمينا من هذا الوهم . فالفرضيات في نظره هي المبادىء الأولى التي يرتكز عليها العلم . وبهذا الشأن يقدم لنا الكتاب السادس من الجمهورية نصاً رئيسياً . وهذه بعض الأسطر المعبِّرة تماماً :

---

(1) راجع اعلاه ص 233 وادناه ص 323 ، موقف جان ايتار Jean Itard حول نشأة نظرية النسب أو الاسات .

« انك لا تجهل ان الذين يهتمون بالجيومتريا ، وبالحساب وبغيرها من العلوم المماثلة يفترضون المزدوج والمفرد ، والرسوم ، ثلاثة انواع من الزوايا ، وهكذا بالنسبة الى غيرها ، بحسب موضوع بحثهم . واهم يعالجون هذه الاشياء كمواضيع معروفة ، وانهم بعد استقرار هذه الفرضيات ، يرون انهم غير مسؤولين عنها امام انفسهم ولا امام الغير ، نظراً لأنها اكيدة في كل الأذهان . وانه اخيراً ، انطلاقاً من هذه الفرضيات فانهم ينزلون من خلال سلسلة متواصلة من الأحكام حتى يصلوا الى تبيين ما ارادوا تبيينه » (الجمهورية C 510,6) ، وهناك امران تجب ملاحظتهما هنا . الأول يتعلق بكلمة « فرضية » ، من الواضح انه يجب عدم اخذها بمعنى « الاحتمال » الذي لا ينطبق تماماً على صورةٍ أو رسم مثلاً ، بل بالمعنى اللغوي لكلمة اساس . فالفرضية هي الشيء المعطى (انه يشبه ما نقصده عندما نقول « نفترض ان » في بياناتنا للقواعد الجيومترية) ، هي الأمر الذي يرتكز عليه التحليل العقلي .

والثاني : اننا نجد في انفسنا هذه المعطيات الاساسية ، فهي ليست مواضيع او وقائع [وليدة] ملاحظة ، كما يدل على ذلك المقطع الذي يلي مباشرة المقطع الذي ذكرناه اعلاه : « . . . تعرف ايضاً انهم [اي الرياضيين] استخدموا الرسوم المرئية وانهم يحللون على اساس هذه الرسوم ، رغم انهم لا يفكرون بها بل بصور اخرى تشبهها . مثلاً انهم يحللون في المربع بالذات ، وفي المعترض بالذات ، وليس في المعترض كما رسموه ، ويجب ان يقال نفس الشيء عن كل الرسمات الأخرى التي نمذجوها او رسموها . انها في نظرهم رسوم [مادية] ولكنهم لا يعتبرون إلا هذه الرسوم الأخرى التي تكلمت عنها والتي لا يمكن ادراكها الا بالفكر » .

وإذاً يوجد في الرياضيات فرضيات مسبقة ، كائنات عقلية هي في مبدأ كل بحث ؛ انما يجب ان نتنبه ، كما اشار آبيل ري Abel Rey ، الى انها هي « مبادىء اولى في العلم وليست هي المبادىء بالذات بالمعنى المطلق لكلمة مبدأ (أي المبادىء الجدلية) .

إذاً ليس من المناسب الايغال في المقارنة بين الرياضيات والديالكتيك . ففي الرياضيات ، كما في الديالكتيك تؤخذ الفرضيات كنقطة انطلاق نحو التلخيص التركيبي -أوكنقطة وصول الى غاية التحليل، عندما نعود الى المبدأ انطلاقاً من الواقعة أو الحدث. فاذا كان A صحيحاً فإن B تكون صحيحة أيضاً سواءٌ اتَّبعنا طريقاً صاعداً أو طريقاً نازلاً. ولكن في الرياضيات، ان تكون A صحيحة، وان تكون A موجودة فهذا ما لا نستطيع تنصيبه كحقيقة مطلقة . فالرياضيات هي قريبة الديالكتيك ، انما كقرب الظل من الجسم . وحقائق الرياضيات لا تدحض ، بعد تمام اقرار المبادىء ، ولكنها تظل مشروطة لأنه من الضروري وضع هذه المبادىء . والحدث الرياضي هو بالنسبة الى « افلاطون » « حدث فكري ، يجبر الفكر ولكنه يظل مملوكه بكامله » (آبيل ري Abel Rey) . ويحسب افلاطون حساباً للانسان وفي هذا يظل اميناً لروح « سقراط » . العالِم يوَّلِدُ علمَه . لا شك ان ما رآه منه هو حقائق

ابدية ، موجودة خارجاً عنه . ولكن لما كانت الوسائل الموضوعة في تصرفه للوصول الى هذه الحقائق ، هي بالعكس لا تنفصل عن ذاته ، فهو لا يَبْلُغ ابداً الا ظِلَّ حقيقةٍ متسامية متعالية . وهكذا يعترف افلاطون بعظمة الرياضيات ، العلم الحق ، وبحدودها التي هي حدود كل علم بشري . ولهذا امكن القول بحق بأنه كان « الباعث » و« الناقد » لرياضيي عصره .

2 ـ الفيزياء وعلم الفلك الافلاطونيين

عناصر المادة: المادة في نظر افلاطون هي الحقل، هي القاعدة أوَ الركيزة، انها المكان الذي يتولد فيه الخلق ، والفساد ، وعلى العموم ، كل اهتراءات عالم الحس . هذا « الكون » معرض لأن يصير موضوع معرفة عقلانية بحكم خضوعه للقوانين (للنواميس) . وفي هذا قلما ابتعد افلاطون عن القدماء « الفيزيولوجيين » الايونيين . ولكن عدا عن ان فكرة القانون هذه تتأكد عنده بصورة أوضح فإنها ترتدي معنىً جديداً . فالأمر لا يتعلق فقط بقوانين الفيزياء : ان العالم يتبع عقلاً مدبراً يعمل من اجل غاية . في هذا المنظور التيولوجي ينتج الكون عن تخصيب المادة وتلقيحها بالأفكار ، والأفكار بذاتها تخضع للفعل والعمل التنظيمي من قبل العقل الإلهي . والعناصر الأخيرة في المادة هي الأجسام البسيطة اي متعددات الأوجه المنتظمة (والتي تسمى غالباً بالأجسام الافلاطونية) . ونظرية متعددات الأوجه تعود الى العصر الأول في الفيثاغورية . ولكن يصعب الجزم حول معرفة ما إذا كان الفيثاغوريون قد عرفوا المجسَّمات الخمسة المنتظمة ، كما يزعم اوديم Eudème ، أو انهم عرفوا ثلاثة منها فقط هي المربع الوجوه والمكعب والاثني عشري الوجوه) . كما يتحصل من شروحات « اقليدس » . ومن المحتمل ان يكون تيتيت Théétète هو الأول الذي صاغ نظرية متعددات الأوجه كما عرضت في الكتاب الثالث عشر من كتاب العناصر الذي يقدم بناءً جيومترياً من خمسة اجسام مثبتاً انه لا يمكن ان يوجد غيرها . بحيث انه حتى ، لو عزَونا الى الفيثاغوريين معارف واسعة ، فيجب القول بان النظرية بقيت واصبحت مطروحة من جديد في العصر الافلاطوني .

•

من هذه الأجسام الأولية لم ينظر « افلاطون » إلاّ إلى الحدود أي الى السطوح . وهو لا يشير اطلاقاً الى جوهرها ، الى درجة اننا نتساءل هل هذا الجوهر كان في كل منها مختلفاً نوعياً ، أو أنه كان متماثلاً فيها كلها كما نظن . وعلى كل حال يعلق افلاطون اهمية على الشكل اكثر مما يعلق على المادة . والسطوح التي تحدد المجسمات المنتظمة هي ، بالنسبة الى المكعب ، مربعات ، وبالنسبة الى مربع الاوجه . المثمن والى ذي العشرين وجهاً هي مثلثات متساوية الاضلاع وبالنسبة الى الاثني عشري هي المخمَّسات المنتظمة .

هذه السطوح بالذات يقسمها افلاطون الى مثلثات بدائية انها من نوعين : مثلثات متساوية الضلعين انطلاقاً من المربع ، وهي مثلثات مختلفة الاضلاع انطلاقاً من المثلث المتساوي الأضلاع ومن المخمَّس . وهذان المثلثان هما اللذان يمثلان في النهاية العناصر الأخيرة في الكون . من المتعددات الأوجه الخمسة ، اربعة منها تتوافق مع العناصر الأربعة التي عدَّدها امبيدوكل

Empédocle . والمتعدد الأوجه ، (وهو الهرم ذو القاعدة المثلثة) هو الصورة البدائية للنار ، انه الألطف والأخف والأشد وخزاً من كل الأجسام . والمثمَّن يرمز الى الهواء وذو العشرين يرمز الى الماء أما المكعب اخيراً فيرمز الى الأرض . ويرى بعض الشرّاح المعاصرين للافلاطونية ان متعددة الأوجه لا تنطبق على الأجسام ، بل على حالات في المادة ، (حالة نارية ، حالة غازية ، سائلة أو جامدة) ، وهذا ما يفسر بصورة افضل امكانية التغيرات في الحالة الفيزيائية كما يتصورها افلاطون وذلك عندما يقول مثلاً ان المثمَّن الفضائي يتفكك الى مضلعين رباعيين من النار (تيمي d 56 Timée) . نضيف ايضاً انه لا يوجد هنا قسمة بسيطة (تعطي في حالة المثمن هرمين لهما قاعدة مربعة) ، بل قسمة مقرونة بتغير كامل في الشكل ، ومهما يكن من أمر ، فإن بنية العناصر هي التي تنبىء عن خصائص الأجسام : بسيطة أو مركبة ، وعن مختلف حالات المادة . وهذه هي الواقعة التي يجب الوقوف عندها دون دخول في تفصيل المجادلات حول الفيزياء الافلاطونية . إن الذرية الديمقريطية تحولّ بصورة جزئية الصفات الى اشكال . من هنا تتقارب النظريتان . إلا ان الفروقات بينهما عميقة وهي تتناول ثلاث نقاط اساسية : في نظر ديموقريط Démocrite توجد الذرات عفوياً مستقلة عن كل فكر تنظيمي . واشكالها تتماشى مع مكنة عامة : وهي اطلاقية وعددها غير محدود ، اما ضخامتها فمتنوعة بما لا يحد . وفي نظر افلاطون تبدو العناصر الأخيرة في المادة أبنية تأملية ، واشكالها تقتصر على نوعين ، إذا نظرنا الى المثلثات البدائية ، وهي اربعة (أو خمسة) ، إذا نظرنا إلى الأحجام . اما ضخامتها فلا يحصى عددها بمعنى الأصغر (فالمثلثات تقسم الى ما لا حد له) ولكنها محدودة من ناحية الأكبر لأنها تتضمن ذروات .

لم نتكلم حتى الآن إلّا عن المتعددات الوجوه التي تتلاءم مع العناصر الأربعة التقليدية . ولكن هناك متعدد اضلاع خامس هو العشريني ، وقد اكتفى « افلاطون » بالتلميح اليه دون ان يسميه ، وذلك بالعبارة الغامضة التالية : « يبقى هناك تركيبة واحدة واخيرة : وقد أرادها الله للجميع عندما رسم الترتيب النهائي » (تيمي C 56 Timée) . ومن ناحية الرمزية الجيومترية يتضمن الاثنا عشري صفات ملحوظة : فهو محدود باثني عشر وجهاً خماسياً ، يُفَكَكُ كلٌ منها إلى ثلاثين مثلثاً ، وهو مكون من 360 عنصراً اخيراً ، مما يمثل عدد ايام السنة أو درجات محيط الدائرة . فضلاً عن ذلك فإن الاثني عشري مع العشريني هو احد المجسمات التي يقترب حجمها من حجم الدائرة ، اي انه الرسمة الكاملة التي ، بحسب رأي « افلاطون » ، يجب ان تكون رسمة الكون . وربما تساءل افلاطون : اليس بالامكان استهلاك أو استنفاد الفرق البسيط الموجود بين الاثني عشري والكرة ، بوسيلة رياضية . يجب ألّا ننسى ان ايدوكس **Eudoxe** اعطى لأساليب التدقيق والشمول اهتماماً خاصاً .

ودون ان نتيه في هذه الافتراضات ، نقف عند سِمَتين اساسيتين في الفيزياء الافلاطونية :
1 ـ بناء العالم من اجل غاية ، ووفقاً لفكر منظم . 2 ـ ريضنة الفيزياء ذات العناصر .

نظام العالم : يرتكز علم الفلك الافلاطوني ، مثل الفيزياء ، على الفرضية القائلة بان العالم هو مخلوق منظم . ولهذا فهو قابل لأن يعرف . ولهذا ايضاً يطلب افلاطون من الفلكيين ان يحوّلوا الى حركات منتظمة قابلة للترييض ، الفوضى الظاهرة في الحركات السماوية . وبدون ان تغيب عن نظره

هذه المبادىء عاد افلاطون عدة مرات الى مسألة بنية الكون واعطاها عدة حلول مختلفة (في الجمهورية وفي تيمي Timée ، وفي القوانين وفي ابينوميس Epinomis . ومع ذلك فان بعض المعطيات تبقى ثابتة ومشتركة بين مختلف الأنظمة المقترحة : كروية الكون ، كروية كل الأجسام السماوية بما فيها الأرض . الموقع المركزي والثابت للأرض . كواكب تقوم بدوراتها على مسافات متنوعة ، والسماء الأبعد هي سماء النجوم الثابتة .

والمبادرة الكوسمولوجية الأهم عند افلاطون هي اختيار للدفق الخطي المستقيم وغير المحدد للزمن ضد البنية الدورية للدهر والتي كانت تميز انظمة بعض سابقيه .

إن عالم افلاطون أوحدي (monodrome) . وحدها الكواكب تكرر على مسافات منتظمة نفس التصاوير . ان الصيرورة تحت عالم القمر ، لا تستطيع ان تتبع تماماً تواترات الأجسام السماوية ، فتتحرك راسمةً تغييراتٍ لا نهاية لها حول مواضيع حُـدِدتْ بفعل المعلومات السابقة على التجربة عن العالم . وسوف تجري محاولات بعد افلاطون ، وخاصة من قبل الارسطيين والفيثاغوريين الجدد من اجل العودة الى موضوع الرجعة الابدية وهو موضوع دعمه سابقاً وبقوة Empédocle ـ وعواقبه ، مع التأكيد على وجود حدٍ أعلى للوقت في الحقبة T من الزمان الكوني . ولكن سلطة « ارسطو » الذي اعتمد بعد « افلاطون » ، الشكل المستقيم ، ضَمِنَ انتصار هذا التصور . ولن ينزعج احد في عصر النهضة وفي القرن السابع عشر من تَعْليمْ المدة غير المحدودة للوقت ، في حين ان الاقتراح المماثل بالنسبة الى الزمن ، والذي لم يكن مدعوماً لا بسلطة افلاطون ولا بسلطة ارسطو ، قد اصطدم بتراث متعلق بمحدودية الكون فضائياً . وتصرفت الفيزياء الحديثة بشكل محصور مع « الزمن الوحيد المسرح » حسب مفهوم ارسطو وافلاطون ، الى ان جاءت نظريات النسبية التي ، بفضل فرضية الاستمرار الفضائي ـ الزمني المنغلقة على ذاتها ، فجعلت لمدة الزمن شكلاً دورانياً . في هذا الاطار العام اظهر علم الفلك في كتاب « الجمهورية » الخصوصيات التالية : القمر : (الذي ليس له نور خاص ، بل يعكس نور الشمس) هو الكوكب الأكثر قرباً من الأرض . وتأتي بعد ذلك الشمس والزهرة Vénus وعطارد Mercure والمريخ Mars والمشتري Jupiter وزحل Saturne . إن سرعات الدوران بالنسبة الى الشمس والزهرة وعطارد متساوية ، وبُعْدُها عن الأرض هو تقريباً واحد أمّا بالنسبة الى الكواكب الأخرى فتزداد سرعاتها بحسب بعدها نظراً لأن كرة الثوابت هي الأكثر سرعة . والنجوم تؤدي دورانها بنفس الاتجاه باستثناء المريخ الذي يبدو وكأنّه يسير القهقري وهذا المظهر يجب ان يُفسَّر وان يُختصر .

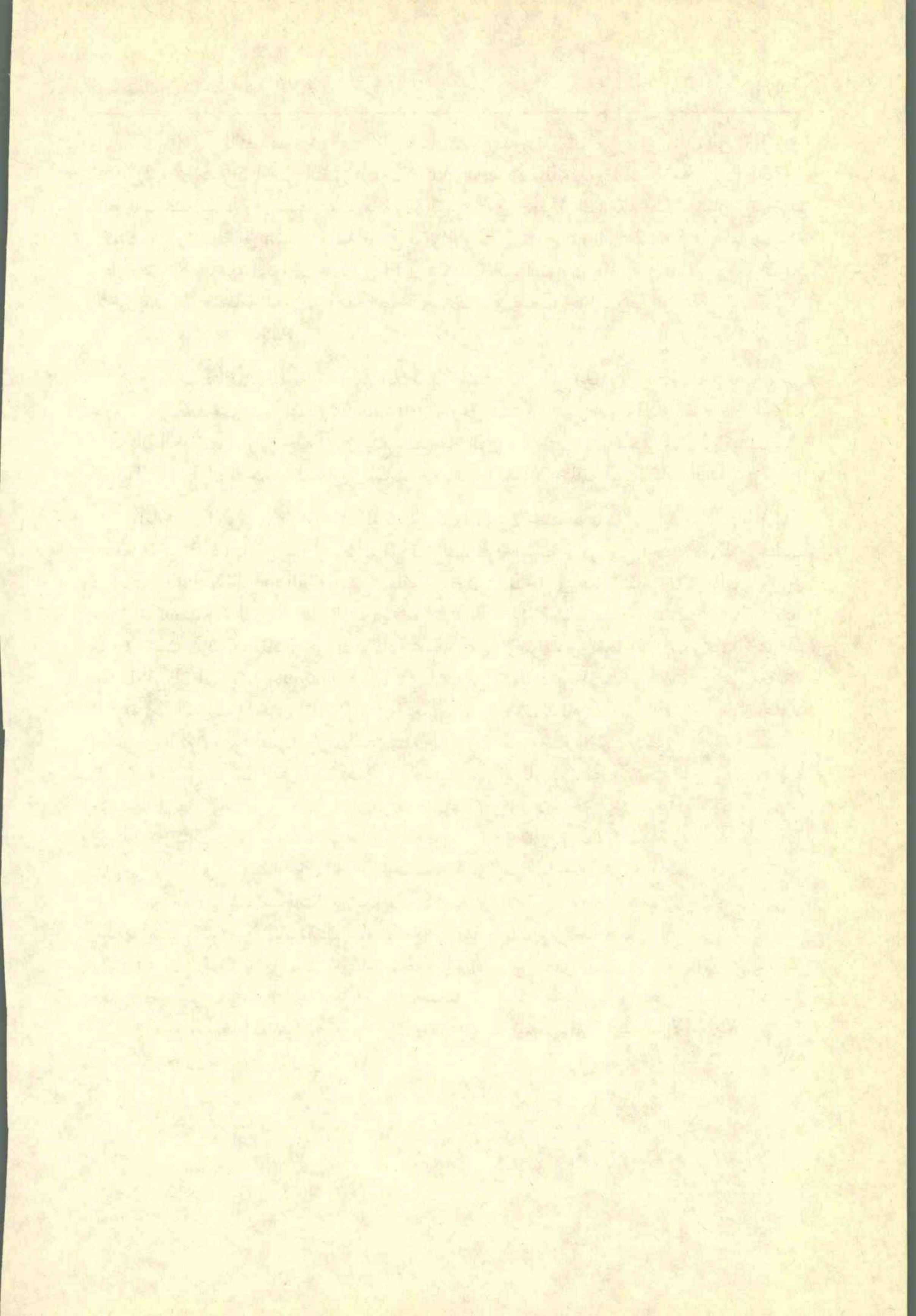
إلى هذه الرسيمة يُضيف « تيمي » Timée بعض التغيرات واضافات بارزة . فترتيب الكواكب انطلاقاً من الأرض يبدأ بالقمر ثم الشمس و « عطارد » Mercure و « الزهرة » ، (وليس الزهرة ثم عطارد) . والمسافات النسبية بين الأجسام السماوية الأقرب الى الأرض (حتى « المريخ ») محددة .

واخيراً وانطلاقاً من مركز الكون هناك اربعة كريات مركزية متميزة . انها تتطابق مع العناصر الأربعة (إذ لم يكن العنصر الخامس قد تدخل بعد) . وسماكة الطبقات تحسب على اساس شعاع الأرض كوحدة وإذاً فسماكة الأرض تساوي واحد ؛ ثم تأتي سماكة الماء (= 2) ، فالهواء (= 5)

والنار (= 10) . فالتصاعد اذاً ، هو نظرياً تصاعد الجذور المكعبة من 1 الى 10 ، الى 100 والى 1000 (2 و 5 يعتبران افضل التقريبات بالأعداد الصحيحة للجذور المكعبة من 10 الى 100) . والطبقات الثلاث الأولى تشكل عالم ما فوق القمر . وفي الطبقة الرابعة ، طبقة النار ، تتحرك الكواكب . والمسافة الى القمر ، انطلاقاً من مركز الأرض يساوي 8 (1 + 2 + 5) ؛ اما سماكة زحل وهي الأبعد بين الكواكب فتساوي 13 . وسماكة كرة الثوابت 18 (8+ 10) . وهذا الرقم الأخير يدل على ضخامة الكون . وهذه الضخامة ، كما نرى ضعيفة جداً ، وهي اقل من ضخامة كون اناكسيمندر Anaximandre .

في كتاب « القوانين » لا يضيف « افلاطون » شيئاً على هذا الجدول ولكنه يلح ايضاً ، من جهة ، على مصاعب علم الفلك astronomie ، وعلى ضرورة اظهار الشذوذات الظاهرة والملحوظة في دوران الكواكب . ومن جهة اخرى يلح ايضاً على الواقعة ، التي سبق التأكيد عليها في كتاب تيمي Timée ، وهي ان الأجسام السماوية كائنات حية وان حركاتها لا تختلف عن حركات العقل .

اما كتاب ابينوميس L'Epinomis فيقدم صورة للكون مختلفة نوعاً ما عن الصور التي سبقت . اما معرفة ما اذا كان ابينوميس قد كتب من قبل افلاطون نفسه أو من قبل احد تلاميذه (فيليب دوبونت) Philippe d'Oponte فتبقى معلقة . ودون ان ندخل في هذا النقاش نشير الى ان براهين ممتازة قد قدمت (خاصة من قبل الأب ديبلاس Des Places) لصالح صحة كتاب كان شكله فقط موضع بحث . إذ ان النقاد ، حتى الآن كانوا مجمعين على الاعتراف فيه لفكر المعلم . ويجب الاعتراف على الأقل ان ابينوميس L'Epinomis ، وفي اكثر من نقطة ، يبتعد بشكل محسوس عن العقائد الواردة في الحوارات الأخرى لافلاطون . والتعديل الأبرز لأول نظام افلاطوني ، هو ادخال عنصر خامس في الكون وهو عنصر الأثير ، الذي يمثله جسم اولي هو المضلَّع الاثني عشري . وهكذا يُسْتخدَمُ المجسمُ الخامسُ المنتظمُ الذي لا يستعمل ، بحسب تيمي الاّ للرسم « اي للترتيب النهائي » . ولم يعد هناك اذاً اربعة كرات ، بل خمس كرات وحيدة المركز ، وكرة الأثير تقع بين كرة الهواء وكرة النار . وهكذا يقع كتاب ابينوميس ، اياً من كان مؤلِّفه ، في موقع انتقالي بين نظرية العناصر الأربعة المعروضة في تيمي والنظرية الأرسطية حول الجواهر الخمسة . فضلاً عن ذلك وبفضل ايلاج منطقة الأثير ، تزداد ابعاد الكون ، وكذلك المسافات بين الكواكب بالنسبة الى الأرض ، ونظراً لغياب الايضاحات التي لا يقدمها نصّنا ، نستطيع التأكيد بأن هذه الأبعاد ضخمة جداً ، والى حد بعيد ، اذ ورد في ابينوميس (983 a) بان الكواكب هي ذات اجسام ضخمة وان الشمس بصورة خاصة اكبر من الأرض بكثير . وكما يلاحظ شي . موغلر Ch.Mugler ، إذا استندنا الى المسافة المعطاة لها في تيمي فانها اي الشمس تكون (نظراً لقطرها الظاهر) اصغر بكثير : وقطرها ، إذا استندناالى الحساب الأكثر ملاءمة ، لا يمكن ان يتجاوز ثُمْن قطر الأرض .



الفصل الرابع
« ارسطو » ومدرسته

حياته : ولد ارسطو سنة 384 - 383 في ستاجيرا Stagire ، وهي مستعمرة يونانية في تراس Thrace (اليوم سترافرو) Stravro . وفي الثامنة عشر (حوالي 366) جاء الى « اثينا » وتتلمذ على افلاطون ولم يترك الاكاديمية الا بعد موت المعلم (348 - 347) . وتوطن بعدها في آسوس Assos ثم في ميتيلان Mitylène ، حتى استدعاه فيليب Philippe ملك مكدونيا Macédoine إلى بلاطه لكي يربي ابنه الاسكندر ، الذي كان عمره يومئذٍ ثلاث عشرة سنة (343 - 342) . وبعد 6 سنوات ، مات فيليب واستلم الاسكندر الحكم . رجع ارسطو الى اثينا ليؤسس فيها « مدرسته » ، واختار لها موقعاً ضمن ملعب مخصص لابولون Apollon ليسيان Lycien (من هنا سميت « المدرسة » ليسيه) Lycée . في هذه الاثناء مات سبوسيب Speusippe أول خليفة لافلاطون سنة 339فتولى المعملية زينوكرات Xénacrate ، فتفاقم تراجع الاكاديمية . واصبح الالتزام بتعاليم افلاطون الحرفية جامدا لجمود العقائد . في حين اقام ارسطو مناهج جديدة ووسع حقل دراساته ، وخاصة ناحية التاريخ الطبيعي ، فزاحم الافلاطونيين الاصيلين مزاحمة خطرة . وازدهرت الليسيه سريعاً . وكان التعليم فيها بمقتضى النظام excathedra ولكنه كان يمتد غالباً خلال النزهات خارج ممرات الملعب . ورغم ان هذا الاجراء كان شائعاً في العديد من المدارس فهو يفسّر تسمية « المشائين » الذي كان يطلق عادة على تلامذة ارسطو . وبعد موت الاسكندر سنة 323 ، وجد ارسطو انه من الأنسب له ان يترك اثينا ، لأن روابطه المقدونية جعلته مشبوهاً . فاعتزل في شالسيس Chalcis حيث مات في بداية عام 322 وعمره اثنتان وستون سنة . وبعده انتقلت المدرسة الى ادارة تيوفراست Théophraste (322 - 287) ، ثم الى ستراتون Straton (287-270) ثم الى ليكون Lycon (270 — 228).

المجموعة الارسطية : نقلت الينا كتابات ارسطو ضمن ظروف يصعب معها البت بمسألة نسبتها اليه ، وهو امر ما يزال يبحث بجدة . ومن الممكن ، انما من غير الثابت ، ان بعض كتب التلامذة قد نسبت الى المعلم ، وذلك وفقاً لعرف كان سائداً لدى الفيثاغوريين في ازمنة مختلفة . فضلاً عن ذلك تبدو النصوص - حتى تلك التي لا شك في صحتها - باشكال متنوعة : فالى جانب الاقسام الحسنة التحرير ، نجد طروحات مخصصة لكي يتم إغناؤها بشروحات شفوية وربما بمذكرات في دروس يأخذ

فيها الطلبة ملاحظات .

ونهمل المعالجات المتعلقة بالسياسة وبالشعر وبالفلسفة الأولى ونتوقف فقط ، عبر الثروة الأرسطية الضخمة ، عند المعالجات العلمية . ويمكن ان تجمع تحت ثلاثة عناوين :

1 ـ الكتب المنطقية (المقولات ، التحليلات ، الموضوعات ، دحض السفسطائيين) التي جمعت تحت عنوان شامل « اورغانون » Organon . وهي لا تتناول تاريخ العلوم إلّا بصورة غير مباشرة وذلك بالمقدار الذي تتناول فيه امكانات المعرفة واساليبها .

2 ـ الفيزياء : أي كل الكتب المتعلقة بالمادة وبالشكل ، وبالقوانين التي تبحث في الكون المحسوس ، اي : الفيزياء ، في ثماني كتب . وكتاب الخلق أو الكون والفساد ، (كتابان) ؛ وكتاب « السماء » ، (اربع كتب) ؛ « وعلم المناخ » ، (اربع كتب) . وأول هذه المؤلفات يعالج بصورة خاصة الحركة . و « نظرية العناصر » معروضة في كتاب « الخلق والفساد » ، وفي الكتابين الأخيرين من « كتاب السماء » . و « كتاب السماء » (1 - 2) يتضمن النظريات الفلكية . و « النظريات المتعلقة بالطقس والمناخ » تعود الى الظاهرات التي تحدث في الهواء والماء والأرض أي في عالم تحت القمر .

3 ـ التاريخ الطبيعي : ألّف ارسطو كتاباً في النباتات وربما ألّف كتاباً في الأحجار ولم تصل الينا هذه الكتب . إلا اننا احتفظنا بكتبه الثلاثة الكبرى حول علم الحيوان ، والتي تعد من البناءات الاكثر وقعاً في العلم القديم : « تاريخ الحيوان » (10 كتب ، وعاشره مزوَّر) ، وهو مجموعة واسعة من الأوصاف والملاحظات . « اقسام الحيوانات » (4 كتب) ثم « خلق الحيوانات » (خمسة كتب) . الى هذه المجموعة يجب ان يضاف كتاب « النفس » وكتاب « حركة الحيوانات » وكتاب « سير الحيوانات » ، وكذلك الكتب الصغيرة المجموعة تحت عنوان : « كتب صغيرة في التاريخ » .

I ـ ارسطو والعلم

لأخذ فكرة عن الكيفية التي تصوّر فيها ارسطو العلم ونشاط العالم ، يكون من الأبسط ، من غير شك ، مقارنة وجهات نظره مع نظرات افلاطون ثم ملاحظة اوجه الشبه والاختلافات القائمة بينها . أوجه الشبه أولاً . لا يوجد بالنسبة الى ارسطو علم فردي بل علم الشمول فقط . انه علم الكائن الحي البشري وليس علم الفرد البشري « كالياس » (callias) [1] . وكل علم يرتكز على التعريف والتحديد وعلى التبيين : تلك هي فقط الأساليب الوحيدة المناسبة له . والكتب : « التحليلات اللاحقة » ، والفيزياء ، وكتاب « النفس » تقول وتكرر القول بأن المعرفة الحسية تتميز تماماً عن المعرفة العلمية .

---

(1) كالياس : شخص اليه تنسب معاهدة السلم « سلم كالياس اوسيمون » بين اثينا والفرس سنة 449 ق.م. وبموجب هذه المعاهدة بقيت للمدن اليونانية الاسيوية حريتها الذاتية والسيطرة اليونانية على بحر ايجه [لاروس الاعلام : الترجمة] .

والمعرفة الأولى تتناول الأحداث المحتملة ، الواقعة في المكان والزمان . اما المعرفة العلمية فتتناول الأشياء التي هي خارج الفضاء وخارج الزمن . « يرى ارسطو ان الفكر العلمي هو فكر مستريح ، فكر بنوع من الأنواع مربوط ومحدد » (ليون روبان Léon Robin) . وكل هذا يتماشى مع خط الافلاطونية . إلا ان المفاهيم المنهجية عند « ارسطو » تختلف تماماً عن المناهج عند « افلاطون » لأن هذه المفاهيم الشاملة التي بها يتعلق التعريف والتي تعتبر مبادىء في التبيين لا تظهر فينا ، بحسب رأي ارسطو ، بفعل الإحياء أو التذكر أو بفعل الامساك المباشر بالفكرة . اننا نصل اليها بالاحساس . والاحساس، بالتأكيد، ليس العلم . بل انه غريب عنه تماماً ، ولكنه نقطة انطلاقه . لا شك اننا ننطلق بدون توقف وبحركة عفوية من الفكر ، من الخاص الى العام . والمفاهيم التي نرتفع اليها على هذا الشكل لا توجد فينا بحالة الكمون . اننا نُكوِّنُها ، اننا نصنعها انطلاقاً من التجربة ، وبفضل عمليات الادراك والتميز والتذكر . ان الأحداث الملحوظة تتراكم والأشياء تترتب والصور الشاردة تتحدد وتستقر ، وهذا هو احد شؤون النفس البشرية انها تتيح تفتّح المفهوم ، بحيث ان الاحساس الذي يبدو ، بطبيعته ، وكأنه يبعدنا عن كل معرفة مستقرة ، إذا به ، بالعكس ، الركيزة الأولى للعلم .

وهكذا يُفسَّر ثقل المكانة المعطاة ، في المدرسة المشّائية ، للملاحظة ، التي كانت قليلة الاعتبار في الاكاديمية . وبين الاسلوبين في تصوّر البحث العلمي يبدو التناقض كاملاً . فمن جهة يبنى العلم على الفرضية ؛ ومبدأه هو في المعقول ، ومن الفكرة ننزل نحو حقيقة واقعية يتوجب توضيحها ، نحو مظاهر تجب المحافظة عليها . ومن جهة اخرى ننطلق من اشياء محسوسة من اجل الارتفاع بصورة تدريجية ، وعن طريق التصنيف والتعميم ، نحو المجال الحق للعلم الذي يبقى مجال المفاهيم . وإذا كانت هذه الكلمات الغريبة على المعجمية الأرسطية لا تبدو وكأنها قد فاتها الزمن فإننا نتكلم عن الطريقة الاستنتاجية (Voie déductive)[من الكلي الى الجزئي] ، وعن الطريقة الإستلهامية (voie inductive) [من الجزئي الى الكلي] . ونقول ببساطة ان الطريقة الأولى تنطلق من اعلى والثانية تنطلق من اسفل ، في جدرانياته عن « مدرسة اثينا » في غرف الفاتيكان مَثَّل رافائيل Raphaël ، من بين اعاظم الفلاسفة والعلماء في اليونان القديمة افلاطون وارسطو ، واقفين في وسط الحلقة ومنهمكين في نقاش علوي : احدهما يشير باصبعه الى السماء والثاني يشير نحو الأرض بيد مفتوحة تماماً . انه رمز مزدوج للعلم ، وصور اخاذة لأسلوبين يتساويان في الخصوبة ، وباستعمالهما بالتناوب يتلخص كل تقدم علمي. ان ضرورة الملاحظة اكيدة . ولكن من جهة اخرى وفي كثير من الحالات لم تكن معرفة الطبيعة بالذات حاصلة الا انطلاقاً من فرضيات أو من احداث احتمالية لا يستطيع الادراك الحسي بعثها ، لأن الواقع لا يقدم عنها اي مثل . من ذلك مثلاً « الحركة الجمودية » (mouvement inertial) .

أما الجيومترية ، فيمكن القول انها تستعين بالمستحيل ، لا في مبادئها فقط بل في تطبيقاتها ، لأنها تعتبر وتنظر في رسوم وصور ذات كمال مطلق .

ويجب الحذر من الاعتقاد بان تفضيل كل من « افلاطون » و « ارسطو » لأحد المفهومين للعلم كان حصرياً .

إن المفهومين لا يمكن انكارهما ، وهما يكفيان بالنسبة الى الرياضيات ، لتفسير حماس افلاطون لها وتحفظ ارسطو عليها .

إن ارسطو لا يستبعد الرياضيات من حقل الدراسة ولكنه يأسف لأنها وضعت في المقام الأول من العلوم ، في حين من الأولى لها في نظره ان تكون وسيلةً واداةً للعلم . كتب يقول : « الرياضيات اصبحت في نظر فلاسفة اليوم كل الفلسفة رغم انهم يقولون انه يجب عدم تعلمها الا خدمة للباقي » (الميتافيزيك 992 - a ، ترجمة ج ـ تريكو J — Tricot) . في المجموعة الارسطية تحتل الرياضيات مكاناً ضيقاً : ثلاثة معالجات ، تتعلق بها فقط ، الميكانيك ، الخطوط التي لا تقطع ، والمسائل، وهذه الثلاثة ربما كانت مزورة . واذا كان الكتابان الأولان يعودان الى المدرسة حقاً ، فان الكتاب الثالث ربما كان مجموعة متأخرة إلّا ان اهميتها ليست بالقليلة .

و « الفيزياء » التي يجب ان تشمل علم الفلك (astronomie) ، وعلم الطقس تحتل مركزاً واسعاً ، وهي وإن لم تخلُ من ابنية « مسبقة » ، إلّا أنها تتحرَّك بفكر جديد وتدل على اهتمام كبير بالواقع الحسي بصورة خاصة في النظريات المتعلقة بالعناصر وبالحركة .

اما العلوم الطبيعية ، (بالمعنى الذي نعطيه اليوم لهذه الكلمة) فالأهمية المعطاة لها تشكل التجديد الحق الذي ادخلته « المدرسة » . لا شك انها [العلوم الطبيعية] كانت تُعلَّم قبل ارسطو ، ومنذ زمن بعيد ، ولكن ابتداءً من ارسطو بدأ ازدهارها . والكتابات المتعلقة بعلم الاحياء (البيولوجيا) وبعلم الحيوان تشكل وحدها ربع عمل الستاجيري [ارسطو نسبة الى بلده] . هذا اذا لم ننظر الّا إلى الأقسام الثابتة والتي ما تزال موجودة . وان نحن اخذنا بالكتب الضائعة وبكتب التلامذة المتعلقة بعلم النبات وبعلم المعادن فإن الكمية تكون اكبر بدون شك . وحول العلوم الطبيعية ، يفسر التعارض الكامل بين وجهتي نظر افلاطون وارسطو ، بالكيفية التي نظر فيها الفيلسوفان الى فكرة « الفساد » . فبالنسبة الى كل منهما ينقسم الكون الى منطقتين : عالم تحت القمر الذي هو عالم الخلق والفساد والعالم السماوي الأزلي الذي لا يتغير . وفي حين يستمد افلاطون من هذه الثنائية حجة ليقول ، كمبدأ ، ان عالم التحت ، الخاضع للتغيرات الدائمة ، لا يمكن ان يكون موضوع علم ، اي موضوع معرفة ثابتة واكيدة ، يرى ارسطو على العكس ان هذا العالم يستحق اهتمام العالِم لأن استقرار المعرفة العلمية (وهو متعلق بها مثل افلاطون) ، ترتكز قبل كل شيء على ضرورة الأحداث الملحوظة . ويقيم تمييزاً لطيفاً وقوياً بين مفهومين ينزعان ، عند افلاطون ، احيانا الى الاختلاط ، مفهوم الفساد (أو التغيير عموماً) ، ومفهوم العرضية .

وبهذا الشأن يبدو المقطع - 1059 - a من « الميتافيزيك » métaphysique الموجه بصورة واضحة ضد المفهوم الافلاطوني للعرض (= العرض ضد المبدأ أو الجوهر) واضحاً تمام الوضوح . يقول ارسطو : « لا شيء فاسد بالعرض . والعرض ، هو الشيء الذي يمكنه ان لا ينوجد في الكائنات . ولما كانت الفسادية هي احدى الصفات التي تختص بها الأشياء القابلة للفساد وإذا كانت الفسادية عرضية فنفس الشيء يمكن ان يكون مرة فاسداً ومرة غير فاسد . . . وإذاً يتوجب في كل شيء قابل

للفساد ان تكون الفسادية جوهراً فيه أو أن تكون كامنة في هذا الجوهر » .

ولا يذهب ارسطو الى ابعد من ذلك لأن هدفه هنا ليس تعريف مجال العلم ، ولكننا نستطيع الاستنتاج مكانه . لا يوجد علم للعارض أو العرضي (أي للشيء الذي يمكن ان لا ينوجد) ؛ ولكن في عالم الفساد لا يكون الفساد عارضاً بأي درجة . انه ضروري وباستعمال تعابير ارسطو « جوهري » . وإذاً فهو يمكن ان يكون موضوع معرفة مستقرة . وهكذا تتشرعن وتتأكد في جلال العلم ، كل البحوث حول الطبيعة التي تحت القمر وخاصة البيولوجيا .

وهناك مظهر آخر للارسطية ، والتي يمكن ان تُعتبر وكأنها تتعلق بنفس الأحكام ، هو الأهمية المعطاة لتاريخ المسائل . ان ارسطو قلما عالج مسألة علم أو فلسفة دون أن يقوم بفحص دقيق نقّاد لآراء من سبقه . وهذه التوسعات العديدة في كتبه ، تبدو بالنسبة الى مؤرخ العلم من اثمن الأشياء ، فهي تتضمن قسماً كبيراً من الشيء القليل الذي نعرفه عن العلم الهلِّيني . ويجب الاعتراف ان افلاطون بهذا الشأن يخدمنا خدمة اقل . انه يتكلم هو ايضاً وفي اغلب الأحيان عن النظريات السابقة والمعلومات التي يقدمها عنها ليست مما يُهمل ، ولكنه [يفعل ذلك] عبر المحادثات حيث يدخل قسم من الوهم أو الفرضية وحيث يصعب احياناً تمييز الحدث التاريخي عمّا هو اختراع خالص . واخيراً يعود الى « مدرسة » ارسطو اعظم واقدم ما كُتب في تاريخ العلم : ان تيوفراست Théophraste كان اول مصنف . وكان اوديم Eudème أول مؤرخ للرياضيات .

II ـ الفيزياء والكوسمولوجيا (أو علم الكون)

رجع ارسطو بدوره الى المسائل التي منذ البداية فرضت نفسها على التفكير اليوناني : المكونات الأولى للمادة وتحولات هذه المكونات ، ونظام الكون . واقترح لكل منها الحلول الأصيلة .

العناصر : مع بقاء ارسطو اميناً للرسيمة الامبيدوكلية التي تدور حول العناصر الأربعة : ارض ، ماء ، هواء ، نار (وسوف نتكلم عن العنصر الخامس الذي لا يدخل في عالم ما تحت القمر) ، يرى ارسطو ، بنظرة جديدة بُنى العالم المحسوس . فبالنسبة اليه ليست العناصر أجساماً اولى ، بل مظاهر جوهر واحد وحيد : المادة الأولى أو الهيولى ، القابلة لأشكالٍ متنوعةٍ بحسب الصفات التي تَعْتَوِرُها . هذه المادة تتلقى فعل مبدأ موجود كما لو كان خارجها ، دون ان يكون منفصلاً عنها انفصالاً لا بفعل عملية الفكر ، لأن الاشكال المختلفة التي يمكن ان ترتديها المادة ، سابقة الوجود فيها ، في حالة الامكان . انها [اي الأشكال] ، قواها ، قدراتها . وهذا الأمر هو مميز العقيدة . فالاشكال البدائية الكامنة في المادة الأولى تقوم وتتجسد بفعل الصفات الأربعة الأساسية وهي البرد والحر والنشافة والرطوبة . وهذه الصفات لا تتواجد منفردة معزولة بل ازواجاً ازواجاً ، ووجود احد هذه الأزواج هو الذي يميز كلاً من العناصر الأربعة . فمن حيث النظرية يجب ان تشكل الصفات الأربع ستة ازواج ، انما هناك زوجان منها يستبعدان : البارد ـ الحار والجاف ـ الرطب ، لأن الصفات المتضادة لا يمكن ان تتزاوج ، وتبقى اربعة ازواج ممكنة هي : البارد ـ الجاف ، والبارد ـ الرطب ، والحار ـ الجاف ، والحار ـ الرطب . وعندما تصاب المادة الأولى بصفتين بارد ـ جاف تصبح عنصر

الأرض أو التراب ؛ والماء يتوافق مع المزدوج بارد ـ رطب ؛ والهواء يتوافق مع المزدوج حار ـ رطب ؛ والنار مع المزدوج حار ـ جاف . هذه العناصر الأربعة بتركيباتها تولد كل الأجسام الكثيرة التنوع والتي تنوجد في الطبيعة ، وهي ، أي العناصر ، من جهة اخرى ، يمكن ان تتحول فيما بينها ، وكل واحد من الأربعة من شأنه ان يولد الثلاثة الأخريات . ويجب على كل حال ان يكون هذا التوالد « دائرياً » (في الخلق والفساد ، 331 b) ، لأن الحار الجاف ، مثلاً ، لا يمكن ان يخرج مباشرة من البارد ـ الرطب بل فقط بواسطة الحار ـ الرطب أو من البارد ـ الجاف ، وضمن هذا التحفظ تصبح كل التحويلات ممكنة وتكون وحدة المادة مصونة . اما اذا وُجِد وسيطٌ ما ضرورياً ، كالانتقال من عنصر الى آخر ، مثل انتقال الماء الى النار فان هذا يقتضي فقط « وقتاً اطول » (نفس المصدر) . هذا الاسلوب في الانتقال الذي لا يدخل الا على العناصر الأربعة البسيطة ، يسمى (الوازيس) alloiôsis . (= التحول البطيء) .

اما الأجسام المركبة فتحوُّلها يتم ، بحسب تعاليم النظريات القديمة ، بفعل اندماج وانفصال العناصر . وعلى كل حال تصبح النظرية اكثر تعقيداً عند ارسطو ، اذ هناك ثلاثة انواع من التركيبات يجب تمييزها : **التأليف أو التركيب** وهو المزج البسيط ، وهي عملية ميكانيكية خالصة ، **الدمج** (مكسيس mixis وكرازيس Krasis) ، وهما يشبهان المزج الكيماوي والتذويب . وبالاختصار تَحْدُث الاجسام المحسوسة كلها ، والتي تشكل عالم « تحت القمر » بفعل التحول البطيء (الوازيس) alloîôsis أو التأليف (سانتيزيس) Synthesis ، أو التفاعل الكيماوي والتذويب (المكسيس أو الكرازيس) .

أما فرضية العنصر الخامس والتي تعود الى فيلولاس Philolaos فيبدو ان منشأها يعود الى المجسم الخامس المنتظم وهو الاثنا عشري الأوجه .

لا يعزو افلاطون في التيمي Timée الى هذا الشكل الأخير الا امتياز خدمة « الهدف العام » للكون . ولكن في « ايبينوميس » L'Epinomis يصبح هذا الشكل جسماً اولياً ، مكوّن الاثير l'éther ، الذي يقع بين كرتي الهواء والنار . وارسطو ، (الذي يرفض كما سنرى كل فكرة عن تطابق العناصر ومتعددات الأوجه) ، يؤكد على وجود الأثير ولكنه يعطيه مكاناً آخر فوق كرة النار . هذا العنصر الخامس يشكل بمفرده عالم السمٰوات : وهو غير قابل للتلف أو الفساد .

نظام الكون : ان الكون عند ارسطو في خطوطه العامة يختلف قليلاً عن الكون عند الفيثاغوريين وعند افلاطون . والأرض تحتل عنده المركز . وحولها تتراتب مناطق المياه والهواء والنار ، ولكل منها « مركزه » الخاص . ومجملها يشكل عالم تحت القمر ، ووراءه تمتد منطقة الأثير الذي لا يفسد ، والكرات السماوية ، والكرة الأدنى هي كرة القمر ، والأخيرة هي كرة النجوم الثوابت . وكلها تتحرك بشكل دائري حول الأرض ، التي هي كروية وجامدة . ولصالح الجمود الأرضي المقبول عموماً ، ولكن المرفوض من قبل بعض الفلكيين (فيلولاس Philolaos وهيراقليد Héraclide) يقدم ارسطو عدداً من البراهين كبيراً . احد هذه البراهين : الجسم المقذوف في الهواء عامودياً يقع بنفس المكان .

فإذا كانت الأرض تدور . (أو كانت تتحرك بحركة انتقالية) فان الشيء المقذوف يعود فيقع على بعد قصير من نقطة انطلاقه اذ خلال صعوده وسقوطه تكون الأرض قد تحركت . ومن المعلوم ان هذا البرهان قد نوقش لمدة طويلة ، كما نوقش في عصر النهضة ايضاً .

وهكذا يكون هذا الكون وحيداً ومحدوداً . ولا يمكن ان يكون هناك عوالم كثيرة . وخارج هذا العالم لا يوجد شيء حتى ولا « فراغ » مجاور . والسماء الأخيرة هي حد مطلق لا يوجد وراءه « مكان » . وقد اعتبر هذا التأكيد ضعيفاً بل مستحيلاً من قبل القائلين بالفضاء اللامتناهي . فقد كانوا يتساءلون اين هو مسار السهم المقذوف نحو الخارج من نقطة قصوى في الكون ؟ وهذا الاعتراض قلّما مس ارسطو كثيراً . فالفراغ ، إن وُجِد ، يكون مكاناً لا يوجد فيه جسم ، ولكنه يمكن ان يكون موضعاً لجسم ما إلا ان هذا الامكان غير ممكن التصور . فوراء السماء الأخيرة لا يمكن ان يوجد اي جسم اذ لا يوجد مكان . والفضاء بالتالي مقفل ومغلق على ذاته . وأي خط مستقيم لا يمكن ان يتجاوز مدى الكون . وقطر الكون هو اكبر خط مستقيم موجود وممكن حالياً .

الكرات التعويضية : ننظر الآن الى هندسة هذا الكون المتناهي الذي هو العالم . يعود ارسطو الى نظام الكرات ذات المركز الواحد الذي قال به ايدوكس Eudoxe ، وراجعه غاليب Callippe ، ولكنه يعطي لهذا النظام الرياضي الخالص معنىً فيزيائياً . فهو يرى ، كما يرى افلاطون وايدوكس ، وجوب تعليل الظواهر . ولكن ، من اجل هذا ، لا يكفي القول بالمبدأ القائل بان حركات الكرات سوف تكون منتظمة ومرتبة . بل يجب ان تؤثر هذه الحركات ـ التي تنتشر ابعد فابعد ، منذ السماء الأخيرة ـ على عالم « تحت القمر » وان لا تحدث فيه اخلالاً ، وهذا امر محتم الوقوع تحت تأثير الكرات المخصصة ، بحسب ايدوكس ، لتفسير الحركات الضالة في الكواكب التائهة . في نظام ايدوكس كان هذا المانع مستبعداً لأن مختلف مجموعات الكرات ليست على اتصال . ولكن الأمر يختلف في عالم ارسطو الذي لا يتضمن فضاءً فراغاً . ولهذا يجب افتراض وجود دوائر اخرى تسمى « تعويضية » ، فتلغي الحركات التي يجب ان لا تكون محسوسة . وهذه الكرات التي تدور دوراناً تراجعياً بين الأنظمة الكواكبية المتتالية والتي تؤمِّن لها بآنٍ واحدٍ الاتصال والإستقلال ، تعوض بشكل مضبوط بالنسبة الى النظام الأدنى ، مفعول دوران النظام الأعلى . هذا التواصل بين الكرات التعويضية يجعل عدد مجموع الكرات السماوية ستاً وخمسين .

الحركة : قبل متابعة عرض المفاهيم الأرسطية في مجال الميكانيك السماوي ، من الضروري اعطاء لمحة عن ماهية الميكانيك العام عنده . تعبِّرُ الحركةُ عنده عن التواجد المتزامن بين القدرة والفعل ، عن تحول شيء إلى آخر كامنٍ فيه بالقوة وهذا ما يحدده ارسطو بقوله : « الفعل الكامن من حيث هو كامن » . وتنطلق الفيزياء المشائية من ثلاثة مبادىء : المادة والشكل والحرمان . المادة هي مجرد قوة . اما الشكل فهو الشيء الموجود بالفعل . اما الحرمان فهو عدم وجود مطلق . وتتضمن المادة بالقوة اشكالاً مختلفة . وأحد هذه الأشكال يتحقق (انه موجود بالفعل) اما الأشكال الأخرى فليست موجودة (انها غير موجودة ، انها محرومة من الوجود) . والكائن الموجود ، وعدم الوجود ، والوجود بالقوة تلك هي مبادىء التغيير : أي كل ما هو متغير .

وكلمة كينيزيس Kinésis لها اذاً معنىً واسعٌ جداً فهو يشمل عدة مفاهيم لا بد من التميز بينها ، فبدلاً من ترجمتها بكلمة حركة ، يجب ان تترجم بكلمة فساد أو تغير. وهي تعني بآن واحد :

1 ـ فساد مادة الجسد ، أو بعد استعمال لغة المدرسيين فساد الشيء النوعي Secundum quid . وهذا الفساد يتم بالمزج أو الخلط . وهو يؤدي الى تحطيم أو تخريب مادة جوهرية وتوليد اخرى.

2 ـ فساد حجم الجسم من حيث انه يكبر او يتضاءل . وهذا الفساد كمِّي ويحدث بفعل التمدد أو التقبُّض.. (التقلُّص) .

3 ـ فساد في النوعية . وهذا هو الوازيس L'alloiôsis الذي تكلمنا عنه اعلاه .

4 ـ فساد أو تغيير المكان . ويتم بالنقل والتحويل .

والأنواع الأربعة في الفساد أو الكينيزيس Kinésis تتلاءم اجمالاً مع التغير في الماهية وفي الكمية وفي النوعية وفي المكانية . وهذه التغيرات يمكن ان تحدث ، وهي تحدث بصورة دائمة في عالم ما تحت القمر ،ولكن أجسام العالم السماوي ، الذي عنصره الوحيد هو الأثير المستعصي على الفساد لا تخضع إلّا للحركة المحلية . إضافة الى ذلك ان هذه الحركة لا يمكن الا ان تكون متناسقة ودائرية . والتنقل بشكل مستقيم غير ممكن التصور فيها . إذ لا يمكن في كونٍ متناهٍ ان يكون هذا التنقل لا متناهياً . وبالعكس ، في عالم الدنيا تكون الحركة المستقيمة ممكنة . ولكن هنا ايضاً لا بد من التمييز بين حالتين : الحركة المستقيمة العامودية (من اعلى الى اسفل أو من اسفل الى اعلى) والحركات الأخرى . والحركة العامودية طبيعية (وذلك بمقدار ما ينزع كل عنصر الى الرجوع نحو مكانه الطبيعي ، عندما يُسْتَبْعَدُ عنه) . فإذا تحول اي جسم الى نار بفعل الاحتراق فان اللهب يرتفع لأن النار تنزع الى الوصول لكرة النار . وبالعكس كل جسم جامد ينزع نحو الأسفل اي نحو الأرض . ويتحرك الهواء والماء نحو مركزهما الطبيعي . وكل الحركات الأخرى الممكنة ، اي كل حركة غير عامودية ، وبالطبع كل حركة عامودية ، تنزع الى ابعاد الجسم عن مركزه الطبيعي ، كلها تكون حركات اكراهية . وبدون ضغط خارجي عليها ، تبقى الأجسام بحالة سكون دائم . وهي لا يمكن ان تفسد او تتنقل الا بتأثير من قوة اجنبية ، وهو تأثير يأتي من الكرة العليا في السماء وينتشر من قرب الى قرب ، في عالم تحت القمر . اما اشكال هذا التأثير فهي معروضة بشكل رئيسي في كتاب متيورولوجيا météorologie أو علم الأحداث الجوية .

المحرك الأول ـ الدورات : لما كانت الكرة الأعلى بذاتها جسماً مادياً فإن حركتها لا تكون تلقائية عفوية . فمن الشرعي اذاً التساؤل ما هو المصدر الأول للحركة وما هي الغاية . وفي هذا عودة ، بصيغة الحركة ، الى المسألتين الرئيسيتين في الفيزياء الأيونية القديمة : مسألة الجمود ومسألة الصيرورة . على السؤال الأول تجيب نظرية المحرك الثابت . ولما كان ارسطو يضع كمبدأ ، جمود الأجسام الساكنة ، ومن جهة اخرى يتجاهل جمود الحركة . فهو لا يستطيع ان يفسر الحركة الأزلية للكرات الا بوجود « محرك » يعطي الحركة للكرة الأخيرة في السماء ، ويعمل باستمرار . وهذا المحرك هو جوهر غير

مادي ، انه فعل خالص ، غير ممزوج بأية قوة وإذاً فهو جامد غير متحرك . والحركة التي يبعثها هي تأثير نوع من «الجذب» أو من الرغبة أو من المحبة . وجواباً على المسألة الثانية مسألة الصيرورة يعطي ارسطو جواباً هو جواب افلاطون من قبله وجواب عالم فلكي سابق على سقراط (بصورة خاصة هيراقليط Héraclide وامبيدوكل Empèdocle) . ان العالم ازلي وهذه الأزلية متكونة من دورات كبرى . والكرات متراكبة بحيث ان حركاتها تبدو دورية : وبعد فترة من الوقت سوف يجد مجمل السماء نظاماً اساسياً ، وكل شيء يبدأ من جديد . ومن جهة اخرى لما كانت حركات السماء تتحكم بحركات عالم تحت القمر فإن هذه الحركات تخضع لنفس الرتابة الدورية . إن ظاهرات الخلق والفساد التي نشهدها تحدث وتتكرر عدداً متناهياً من المرات .

الفراغ والفضاء : كما في عالم السماوات ، في عالم ما تحت القمر ، لا تكون الحركة المحلية ممكنة الا ضمن بعض الشروط التي يبقى علينا فحصها . رأينا انه بسبب الجمود الطبيعي لا تستطيع الأجسام المادية ان تخرج ، عفوياً من سكونها . وكل حركة تقتضي اذاً وجود محرك ، ولما كان الجمود لا يطال الحركة ، فان المحرك يجب ان يكون مفعوله قادراً على الامتداد بمقدار الحركة نفسها . وفي كل حركة ، هناك شيئان يجب اعتبارهما : فعل المحرك الذي يخضع له المتحرك ويبقى خاضعاً ، ثم من جهة اخرى مقاومة المكان الذي يتحرك فيه المتحرك . وتحد هذه المقاومة من اندفاعة المحرك وتبطئها ، واذا توصلت المقاومة الى معادلةِ ومساواةِ القوة الدافعة عاد الجسم الى سكونه . من هنا يستخرج « ارسطو » حجة ضد وجود الفراغ . اننا نجد في عالم تحت القمر ان الأجسام المتحركة تلاقي مقاومة بحسب ما تجتاز امكنة كثيفة : فسقوط الجسم يكون اسرع في الهواء مما هو في الماء . ونفترض الفراغ : فيه تنعدم المقاومة بحيث ان المتحرك ، تحت ضغط المحرك العامل بدون كابح ، يكتسب سرعة لا نهائية وهذا محال . ويفترض ارسطو وجود نسبة رياضية بين المقاومة والسرعة . ولما كانتا متعاكستين فقد استنتج ان المقاومة الصفر يوافقها تناهي السرعة . بحيث ان وجود الفراغ ، بحسب رأيه ، لا يكون ، كما يريده « الذريون » شرط امكانية الحركة ، بل ان وجود الفراغ يجعل الحركة غير مفهومة وغير ممكنة . وهناك نتيجة اخرى للنظرية ، لا تقل اهمية عن الأولى : ان انعدام الفراغ يستبعد كل حل ذري لمسألة المادة . فالمادة اذاً مستمرة [غير متفتتة] . وهناك شكلان لتصور الفراغ : إما بشكل فراغ عظيم ، على طريقة لوسيب Leucippe (أو على طريقة اولئك الذين يفترضون وجود فراغ مجاور للكون) ، أو بشكل شق بين العناصر الأخيرة والتي لا يمكن فصلها في المادة . ويرفض ارسطو ايةً من الطريقتين واياً من هذين التصورين . فلا يوجد وراء العالم فضاء فارغ أو ملآن . اما المادة التي يتكون منها جسم العالم ، فهي في كل الأمكنة مستمرة وقابلة للقسمة الى ما لا نهاية . وقد سبق واشرنا اعلاه الى رفض ارسطو لكل مطابقة بين العناصر ومتعددات الأوجه المنتظمة . ونفهم الآن وبصورة افضل السبب في هذا الرأي . فقبول النظرية الافلاطونية القائلة بالعناصر ـ الصور يعني قبول وجود الفراغ ، كما يقول ارسطو بصورة صريحة : « وبوجه عام ان محاولة اعطاء صورة لكل جسم بسيط هي محاولة غير عقلانية . . . إذ لا يمكن التوصل الى سد كلية المكان » . (في السماء ، B 306 ، ترجمة جان تريكور J Tricot) . وفي نظر ارسطو يملأ المكعبُ والهرمُ التثليثي فقط الفراغ الموجود بين الاجسام المتعددة الاوجه المنتظمة ، أما الأخريات

اذا تقاربت فانها تترك بينها مسافات . وهذه المسافات بين الأجسام الأخيرة لا يمكن الا ان تكون فراغات وفي هذا سبب كافٍ لاستبعاد فرضية المتعددات الأوجه الأولية ، وكذلك استبعاد كل فيزياء من النمط الذري .

إن الكوسمولوجيا Cosmologie والديناميك Dynamique الارسطيين يتحكمان أيضاً بالأجوبة حول مسألة المتناهي الكبر والمتناهي الصغر . فالمتناهي الكبر مستبعد لأن العالم متناهٍ ، وان لا شيء ، خارج العالم ، ممكن الوجود . والمتناهي الصغر مقبول ، لأن المادة مستمرة وليست مؤلفة من عناصر قابلة للتقطيع . فكل جسم يمكن ان يقسم الى اجزاء صغيرة بمقدار الرغبة ، دون ان تفسد المادة أو تنتهي . « لا يمكن لَحْظُ جزء صغير جداً من كمية لا يمكن عن طريق القسمة الحصول على اصغر منها » (الفيزياء ، 3 ، 6) . نشير فقط بان هذه التقسيمية اللامتناهية هي امكان خالص إذ لا يمكن هنا تصور وجودٍ لا متناهٍ بالفعل . فاللامتناهي الصغر ، بالفعل ، يكون عنصراً اخيراً . والخلاصة ان اللامتناهي الصغر موجود بالقوة وليس بالفعل في حين ان اللامتناهي الكبر حتى امكانية وجوده مستبعد .

ماذا يجب ان نفكر اليوم في موضوع فيزياء ارسطو ؟ إنها تتضمن ، بدون شك العديد من الأخطاء والصبيانيات البادية التي تحمل العلماء المعاصرين على الابتسام ، عندما يتناسون الفقر في وسائل الاستقصاء التي كانت متاحة للاقدمين . ولكن ليست النتائج هي التي يُعوَّل عليها بل المبادىء بذاتها . ولكن من هذه الزاوية ، كما يشير A مانسيون A.Mansion ، في الصفحة الأخيرة من كتابه : «مدخل الى الفيزياءالأرسطية» (لوفان Lauvain ، باريس ، ط2 ، 1946) ، «لا ينكر ان المثال الأسمى الذي رمى اليه ارسطو في الفيزياء ، يتناسب مع تصور عظيم ، وفلسفي حقاً» .

III ـ التاريخ الطبيعي

رغم ان ارسطو استفاد من الملاحظات السابقة والتي يعود بعضها الى اوائل الفيزيولوجيين الميليزيين فمن الصحيح ايضاً ان نقول انه اسس تعليم العلوم الطبيعية ، بالمعنى الذي نعطيه نحن لهذه الكلمة ، كما نقول ان الفيثاغوريين هم الذين اسسوا تعليم الجيومتريا . فالى جانب اسم (فيثاغور) واسم « ايبوقراط » يأتي اسم ارسطو كرمز لأحدى عظائم الأشياء الابداعية الكبيرة الثلاثة في العلم الهليني : الرياضيات التبيينية ، والطب والبيولوجيا . لا شك ان الضرورة كانت تقضي بالتصرُّف ضد بعض التيارات في الافلاطونية وفي « الاكاديمية ، وليس من المستغرب ان يترأس ارسطو هذه الحركة التحريرية لأن دراسة العلوم الطبيعية تتناسب مع فلسفته العامة وهي امتداد لفيزياء قائمة على ملاحظة الواقع . فضلاً عن ذلك يعطي التاريخ الطبيعي كما تصوره ارسطو مجالاً للتطبيق الامثل لمنطقه الذي من خصائصه انه يحِلُّ محل التقسيمية التقليدية ، وهي اطار يصعب ان يتلاءم مع تنوعية الواقع ، بعض التقسيمات والتصنيفات الاكثر مرونة .

من الممكن ، ولكن من المشكوك فيه ، ان يكون ارسطو قد كتب كتاباً موسعاً في النباتات وكتاباً

في الأحجار . ومهما كان الأمر ، لم يصلنا شيء ، انما من خلال كتبه حول الحيوانات فقط نستطيع ان نقيِّم قيمة اساليبه واتساع معارفه في مادة العلوم الطبيعية .

إن تاريخ الحيوان (والذي يستحسن تسميته سنداً لمضمونه « بحوث » أو « ملاحظات » حول الحيوانات) ، وأقسام الحيوانات ، وولادة الحيوانات ، وحركة الحيوانات ، وسير الحيوانات ، وبعض البحوث الصغيرة في التاريخ الطبيعي مثل : « رسائل في التاريخ الطبيعي » ومثل « رسالة في الاحساس وفي الأشياء المحسوسة » ، تشكل مجموعاً يصعب فصله . وكل من هذه المؤلفات له موضوعه الخاص . لأن الكتاب الأول هو مجموعة من الملاحظات والمستندات التي استعملت لتحرير الرسائل الأخرى ، في حين ان هذه الأخيرة تدرس مجالاً خاصاً ـ تشريح مقارن ، وظائف التوالد ، الحركة ، الاحساس ـ ، وتهدف الى البحث والشرح في اسباب الظاهرات المدروسة . ولكن هذه الرسائل تتضمن اوصافاً يتمم بعضها بعضاً كما تتضمن عناصر تصنيف يجب مقارنتها من اجل اعادة تشكيل جدول التصنيف الارسطي .

إن جيومترية اقليدس Euclide وكذلك « علم الحيوان » عند « ارسطو » لا يمكن ان يكونا قد ولدا مرة واحدة انطلاقاً من العدم . فعلم الحيوان له جذور يجب البحث عنها أو افتراضها ، من جهة في الأدب الطبي (فيما يتعلق بكل شيء يختص بالبيولوجيا والفيزيولوجيا) ومن جهة اخرى ، في ملاحظات « الفيزيائيين » الأوائل ، ملاحظات بقيت لنا اجزاء منها ، وايضاً في المعالجات التقنية التي كتبت خدمة لمربي المواشي والنحل مثلاً ، وكذلك في كتب الشعراء وفي تواريخ المؤرخين والمسافرين . ولكن ارسطو هو الذي خلق بعمل اولي شامل علم الحيوان ، كميدان علمي خالص . ومهما كانت قراءاته ، يمكن التأكيد انها طُعِّمت بملاحظات شخصية وبحس نقدي حاد ، خلا منه العلم القديم ، منذ نشأته حتى انحداره فلم يقدم لنا امثلة عنه . يستعمل ارسطو المناهج المقارنة ، ويحلل بالمماثلة ، ويتثبت من استنتاجاته ويوسع بحثه حتى يشمل بحثه كل ظروف الحياة الحيوانية . كان يهتم بآداب الحيوانات ويدرس تأثير المناخ على اساليب عيشها ويصف مآويها وامراضها . وإذا كانت كتبه تحتوي احياناً هفوات تثير الدهشة فان هذه يجب ان لا تنسينا جملة من الملاحظات الصحيحة والتفسيرات الحقة . كما انه يجب ان لا نعتبر ارسطو مسؤولاً عن الأخطاء التي ارتكبها خلفاؤه ، الذين عجزوا عن فهم جهوده لجعل ظاهرات الحياة مفهومة بشكل عقلاني .

ويتيح جدول نظمه اوغيست ستير August Steier (ارسطو وبلين 113,Plinius مقارنة عدد الأنواع التي وصفها ارسطو ثم « بلين القديم » ضمن كل فئة . والمجموع هو ذاته بشكل محسوس : 495 عند « ارسطو » و 494 عند بلين Pline . ولكن الفروقات بارزة اذا نظرنا الى كل صنف بمفرده . فبلين Pline ذكر 98 ثديياً ، اما ارسطو فذكر 60 فقط . وبالمقابل وصف ارسطو 160 طائراً ووصف بلين 120 طائراً . وهناك 56 صنفاً عرفها ارسطو ولم يعرفها بلين . فضلاً عن ذلك يبدو ارسطو متفوقاً في المراقبة الشخصية وفي الفكر النقّاد . كان بلين يصف غالباً على السماع ، ويلتقط الحكاية الأكثر شبهة بسهولةٍ تذكرنا بكتب الحيوان الصادرة في القرون الوسطى في حين كان ارسطو يتفادى الكلام عن

حيوانات لم يَرَها ولم يلاحظها بنفسه ، ولم يتردد في رفض منح واضعي الحكايات اية ثقة مثلما فعل مع كتيزياس Ctésias ، طبيب آرتاكزكزس Artaxerxès الذي كتب كتاباً عن فارس وكتاباً آخر عن الهند ، وقد قال عنه ارسطو ، في عدة مواضع ، انه لا يوثق بشهادته . واخيراً ، وكما لاحظ ميلي Mieli ان سبق ارسطو لبلين Pline يبدو بصورة اوضح اذا نظرنا في حقول الملاحظة التي عالجها هذان العالمان الطبيعيان واذا أخذنا في الاعتبار توسع المعارف الجغرافية خلال اربعة قرون تفصل بينهما .

التصنيف : في الكتاب الأول من كتاب « اقسام الحيوانات » ذُكِرَتْ الكيفيةُ التي يجب ان يتم بها التصنيف . ولكن هذا العرض المنهجي لم يقترن باي جدول . والجداول التي يقدمها الشراح العصريون لارسطو كتبت سنداً لمعطيات مشتتة .

ان اساس التصنيف هو وجود أو عدم وجود الدم الأحمر . وهناك طبقتان كبيرتان متميزتان : الحيوانات ذات الدم الأحمر والحيوانات غير ذات الدم الاحمر . وتقسم ذات الدم الأحمر الى اربعة اقسام :

1 ـ ذوات الأربع التوالدية والتي ضمنها الثدييّات ، وتلحق بها الحوتيات ، والفُقْمة (phoque) والوطواط . وهذه المجموعة الأولى هي موضوع تقسيم فرعي جديد مرتكز على الهيكل العظمي والأطراف .

2 ـ ذوات الأربع البيضية (الحرذون والسلحفايات والضفدعيات) وبهذا تلحق الحيات .

3 ـ الطيور وهي ثمانية اصناف سنداً لأطرافها (ذات المخلب ، ذات الأصابع المنفصلة ، ذات الأصابع المغشاة) وبحسب طريقة تغذيتها ، (آكلة الحبوب ، آكلة الحشرات . . . الخ) .

4 ـ الأسماك وتقسم بحسب طبيعة هيكلها العظمي : غضروفية وعظمية .

فئة ذات الدم غير الأحمر وفيها اربعة مجموعات :

1 ـ اللينيات ذات الأجسام الخالية من العظم (رأسيات الأرجل) = الرخويات .

2 ـ الرخويات المكسية بالصدف (القشريات) .

3 ـ الرخويات ذات القوقعة القاسية : مثل الصدف وتوتيا البحر .

4 ـ الحشرات وفيها 9 اصناف ويلحق بها الدود .

هذه المجموعات الثماني سماها ارسطو الأنواع الكبرى ، وتقسم الى اصناف .

تشريح الحيوانات : يعتبر وصف أطراف وأعضاء الحيوانات موضوع الكتب الأربعة الأولى في تاريخ الحيوانات . وهذا الوصف تمت العودة اليه مع نوع من التفسير للوقائع في كتاب « اقسام الحيوانات » الذي هو اول كتاب في التشريح المقارن الذي نُشر في اليونان . وقد عالج الكتاب الأول منه موضوعَ المنهجية في البيولوجيا [علم الكائنات الحية] .

والشيء الذي يدرسه ارسطو Aristote في هذا الكتاب هو الكائن الحي بمختلف اشكاله . وبفضل المقارنات الدقيقة والاستخلاصات الجريئة ، بَيَّنَ المشابهات في البنية ، وخاصة في الوظيفة ،

هذه المشابهات التي تبدو لمن يستطيع اكتشافها ، فيما بين مختلف اقسام الحيوانات . ولم يُنْسَ الانسانُ في هذه المقارنات . لان الانسان يحتلُّ مركزه في سلم الكائنات . وعلى العموم ، وبالنسبة الى الانسان ، يدرس ارسطو الحيوانات ، على الاقل من حيث اوصاف الاقسام الخارجية . كتب يقول : « يجب البدء بمعرفة اقسام الانسان . وكذلك ، وكما يقوم كل فرد بحسابٍ للنقود بمقارنتها بالنقود التي ألفها اكثر من غيرها ، كذلك الحال في المجالات الأخرى . والانسان هو اكثر الحيوانات التي يجب ان نكون بالضرورة عارفين به (تاريخ الحيوانات ، I ، 6 ، 491 a ، 19 - 23) .

والمقارنات التي يقيمها ارسطو في كل لحظة بين الحيوانات تحمله على صياغة عدد من القوانين الطبيعية . وعلى هذا فهو يذكر ان الطبيعة تعطي دائماً الأعضاء للحيوانات التي تستطيع استعمالها (راجع اقسام الحيوانات ، IV ، 8 ، 684 a 28 ؛ IV ، 10 ، 687 a 11) . ويلاحظ مثلاً ان كل الأعضاء التي تستعمل للدفاع مثل المنخس والمخرز والقرون والاسنان النفارة ، كلها اعطتها الطبيعة للمخلوقات القادرة على استخدامها ، أو التي تحسن استعمالها اكثر من غيرها ، وهي تُعْطَى بسخاء للمخلوقات التي تستعملها اكثر (اقسام الحيوانات III ، 1 ، 661 b 26) . لأن الطبيعة لا تفعل شيئاً عبثاً ولا زيادة (اقسام الحيوانات ، II ، 13 ، 658 a 9 ؛ III ، 1 ، 661 b 23 ؛ IV ، 11 ، 691 b 4 ؛ 12 ، 694 a ، 15 ؛ 13 ، 695 b 19) . ولا يكتفي ارسطو بالاعلان عن هذه القاعدة العامة : فهو يقدم عادةً الطبيعة وكأنها قوة ذكية ، منظمة وحريصة على الكمال .

وظيفة التوالد : كان ارسطو دائماً مشغولاً بمسألة الولادة وتكوين الكائنات الحية . وحول افكاره في هذا الموضوع يعتبر كتابه « تكوين الحيوانات » ، مرجعنا الرئيسي . وهو احد الكتب الأكثر كمالاً في البناء الأرسطي ، انه نموذج لعدد كبير من الأعمال اللاحقة التي ما تزال تستدر الاعجاب ، رغم الأخطاء الحتمية ، التي لم يُكْتَشَفُ بعضها ، قبل القرن التاسع عشر . وفي كتاب « خلق الحيوانات » دُرِست الأجناس والتزاوج والاخصاب وعلم (الأجنة) ، والولادة والوراثة والعناية بالصغار .

ويدل تأكيد ارسطو تكراراً على دخول الحياة في المادة ، انه يؤمن بالخلق الفجائي (خلق الحيوانات ، 3 ، 10) .

ولكن تجب الاشارة الى أنَّ الخلق الفجائي لا يعني بالنسبة اليه الخلق من العدم ، لأن عقيدته تقتضي ، - قبل الوجودَ السابق على كل انبثاق حياة ، - وجودَ نفس منتشرة في كل مكان ، نفسٍ كلية كامنة دائمة الحضور ، حضورٍ يمكنه ، ضمن الظروف المؤاتية ، ان يحيي اي جزءٍ من المادة . ومن جهة اخرى ان هذا الأسلوب من الخلق يطبق فقط على الاشكال الدنيا من الحياة . ويقصره ارسطو على بعض النباتات بدون أزهار وعلى عدد صغير من الحيوانات تنتمي الى اجناس الاسماك والحشرات والصدفيات . ومع التحفظ من جهة هذه الاستثناءات ، تُوْلَدُ كلُّ الحيوانات من حيوانات من نفس الصنف ، كانت موجودة من قبل . والحيوانات تنقسم بحسب اساليب توالدها المتنوعة الى خمسة مجموعات : فالبعض منها يولد حياً ، والبعض يخرج من بيضة ، والبعض ايضاً يخرج من بيضة ولكنَّها تفقس داخل الانثى فتولد الصغار حية . وبعض الأنواع الدنيا قد تولد من جزء منقطع من جسم الأم ، كحال بعض النباتات (عن طريق الاقتطاع والتعضية او التناسل بالانقسام الى شطرين) . وهناك

اخيراً حيوانات تتوالد بالتحوّل أو التبدل من حيوان آخر (حيوانات لها شكل اليرقة) .

أما تطور الحيوان انطلاقاً من نُطْفة او جرثومة (مسألة مستقلّة عن مسألة اسلوب التوالد، لأن بعض القوانين البيولوجية تنطبق ايضاً على الحيوانات ذات الولادة البيضية والحيوانات الكاملة الخلقة) فوجهة نظر ارسطو تبدو واضحة في كتبه. وهناك مدرستان تتواجهان: مدرسة القائلين بسبق التكوين(ويرجعون إلى ايبوكراط Hippocrate) ، ومدرسة القائلين بالتخلُّق المتعاقب «تَكَوُّنُ الجنين بسلسلة من التشكلات المتعاقبة » (ومنهم ارسطو كزعيم لهم) . والقائلون بسبق التكوين يفترضون ان النُطفة تحتوي على جزئيات آتية من جميع انحاء الجسد ، وان وجود هذه الجزئيات المختلفة يعطي فكرة عن تكون الأطراف التي تنطبق عليها . وسنداً لهذه النظرية يفترض بالرجل الذي حُرِمَ من طرف من اطرافه ، يفترض به ان يُولدَ طفلاً ناقصاً مثله . وبهذا الشأن ، إذا نَقُص عُضوٌ فالجُزَيءُ المطابق له في النطفة ينقص هو ايضاً وبالتالي ينقص طرف الوليد . ولكن هذا مخالف لمعطيات التجربة . وبحسب التخلّقيين يُنظر الى الوارثة في الصفات المكتسبة ، دون انكارها ، نظرةً اخرى : فالنّطفة التي يقذفها الذكر (الأنثى تقدم المادة فقط) لا تتألف من اقسام متنافرة بل تتضمن بذاتها ، وبالقوة ، الأشكال التي يؤدي تحيينها ، الى مضغة اولاً ثم الى كامل الجسد المتطور .

ولكن ، وبصورة تفوق هذه البناءات النظرية التي سوف يدحضها العلم فيما بعد ، يجب ان نُعْجَبَ ، لدى ارسطو ، بضخامة المعارف ، وصدق الفراسة في البحث ودقة الأحداث الموصوفة . ان الكثير من ملاحظاته ومن اوصافه التي ظلت مقبولة لمدة طويلة بدون رقابة ، اعتبرت فيما بعد خيالية الى اليوم الذي جاءت فيه الاستقصاءات الأكثر دقة لتثبتها . ومن هذا نذكر العديد من الأمثلة . وسوف نكتفي بواحد نموذجي بصورة خاصة : وهو مثل حفظ البويضات ثم البلاعيط ، من قبل الذكر وحده ، لدى سمك السلور Silure في بلاد الاشيلوز Acheloüs . هذا الواقع الملحوظ ، والمكتشف من قبل ارسطو ، اعتبر مجرد خيال من قبل العلماء ، من عصر النهضة حتى منتصف القرن التاسع عشر ، ولم يدخل في باب العلم الصحيح وبصورة نهائية إلا سنة 1906 ، وهو التاريخ الذي دخل فيه كتاب ارسطو المسمى « باراليلوروس » Paralilurus في مصطلحات علم الحيوان .وخارجاً عن الكتب حول الحيوانات نجد في كتاب « النفس » وفي الكتب الصغيرة حول « التاريخ الطبيعي » معطيات مهمة حول آراء ارسطو في مادة البيولوجيا . وقد عرضت في كتاب « النفس » نظرية الطاقات المتنوعة للنفس وتسلسلها مع نظريات اخرى منها : القوة النباتية أو (الغذائية) ، القوة الحسية ، والقوة الفكرية . القوة الأولى مشتركة بين كل الأجسام الحية (حيوانات ونباتات) والثانية مشتركة بين كل الحيوانات والثالثة خاصة بالانسان . وفي الكتب الصغيرة حول التاريخ الطبيعي يعود ارسطو الى عدة مسائل تفصيلية ، مثلاً يعود الى نظرية الألوان والروائح (في الحس ، 3 و4) ، وقد قام بول كوشارسكي Paul Kucharski بدراسات حديثة حولها وقدم بشأنها تعليقات قيمة .

نحن لا نطرح هنا موضوع صحة هذا النص ، وهو موضوع أثاره الأب زورشر Zürcher ؛

حتى ولو كان كتاب « الإحساس » الارسطي يجب ان يسند الى تيوفراست Théophraste كما يريد هذا المؤلف ، فإنه يبقى من نتاج « المدرسة » ، وفي جميع الأحوال يبقى بعد كتاب « النفس » من حيث تاريخه . والاتجاهات البارزة فيه تعكس فقط ، في حالة اولى ، تطوراً متأخراً في فكر ارسطو ، وتعكس في حالة اخرى ، تطوراً لا يقل تأخراً (وفي نظرنا قليل الواقعية) في فكر تيوفراست . والشيء الذي يلفت النظر ، في هذا القسم من كتاب « الاحساس » ، هو العودة الى تعاليم الفيثاغوريين ثم تطبيق نظريتهم على مجالات جديدة . لقد بنى الفيثاغوريون ، كما رأينا ، سلّمهم انطلاقاً من هذا المبدأ : ان مختلف الملاحظات تنطبق على اجسام ومقادير ، وان شرط وجود جرس عذب في الأذن هو ان هذه المقادير تقبل القياس وانها فيما بينها لها نسبٌ عدديةٌ بسيطة . ولكن مؤلف كتاب « الاحساس » يفرض هذا القانون بالذات على الألوان وعلى الروائح . فيسند الى كل منها اعداداً ويزعم بأن الألوان والمذاقات المركبة بحسب نسب عددية ، تفسح بالمجال لاحساسٍ لذيذ : نظرية مأخوذة حرفياً عن النظرية الموسيقية ويدخل فيها بشكل مماثل تماماً التعارض بين ما هو قابل للقياس وما هو غير قابل للقياس . « اننا هنا امام محاولة جريئة جداً يُقصد بها رد الظاهرات المختلفة نوعياً ، والمنتمية الى طبقات مختلفة ، الى رسيمة تفسيرية مشتركة » (الأب كوشارسكي **Kucharski**) . ان كتاب « الاحساس » يقدم هنا المثل الكامل عن تفسير للواقع انطلاقاً من فرضية عامة غير موثقة ويصعب التثبّت منها . وإذا كان هذا النص ، كما نعتقد لارسطو حقاً ، فإنه لارسطو متذكراً ، من جديد ، « افلاطون » .

IV ـ المدرسة المشائية في اواخر القرن الرابع

تيوفراست : يُعد تيوفراست الاريزي Théophraste d'Erèse واوديم الرودسي Eudème de Rhodes من اوائل المشائين . وكانا التلميذين الأكثر تقديراً عند المعلم ، وبحسب تراثٍ يذكره اولوجل Aulu Gelle في كتاب « ليالي قديمة » تردد ارسطو عندما حان وقت تعيين خليفة له بينهما . واخيراً فاز تيوفراست وتولى ادارة « المدرسة » بعد موت ارسطو (322) حتى تاريخ وفاته هو سنة (288/87) وتدل ضخامة اعماله واتجاهاتها انه كان الأجدر والأكثر اهلية لكي يكمل بحوث المعلم .

ترك تيوفراست عملاً ضخماً بقي منه جزء فقط ، نشير الى كتابين في علم النبات : « تاريخ النباتات » (9 رسائل) و « اسباب النباتات » (في ستة رسائل) . وقد حكم مؤرخون عصريون كثر بقسوة على هذه الكتب لأن مؤلفها يذكر فيها حكايات عن مسافرين أو معطيات تقليدية يكتفي هو بايرادها اي نقلها . وهناك قسم من تاريخ النباتات ، لا يعدو ان يكون بحسب رأي س . سنجر Ch.Singer (تجميعاً لآراء شعبية ، ونوعاً من الفولكلور النباتي) . ولكن هناك عدة اشياء هي لصالح تيوفراست . اولاً ، وكما اشار آبيل ري Abel Rey) « الذي يتفق ، رغم ذلك مع انتقادات سنجر) نفي شديد لكل غائية تجسيدية : « كتب تيوفراست : ان القسم اللخمي في التفاحة ، لم يخلق ليأكله الانسان بل لحماية الثمرة » . ثم هناك التمييز الواضح الذي يقيمه بين مملكتي (النبات والحيوان في حين ظل العلماء حتى وقته ـ وارسطو نفسه من بينهم (راجع مثلاً : اقسام الحيوانات ، 4 ، 10 ،

686 - b - 3 - 687.a -1 ؛ تـاريـخ الحـيـوانـات ، 588 - a - 18 - 588 - b - 23) - يـعـتـقـدون ان الحيوانات والنباتات تشكل مجملاً من الكائنات لا توجد بينها اية رابطة استمرارية . واخيراً ، وبشكل خاص ، اذا كان صحيحاً ان تيوفراست قد استسهل جمع عدد من الروايات المشبوهة الى حدٍ ما ، فان ملاحظاته الشخصية الكثيرة والدقيقة ، تظل صحيحة وصالحة . وفيما خص الملاحظة بدا تيوفـراست احياناً اكثر حرصاً وتشدداً من ارسطو . اكثر حرصاً من جهة انه التزم تماماً بمعطيات التجربة ، دون ان يستبق ذلك بفرضيات عامة يطلب الى هذه المعطيات ان تثبتها أو تؤكدها . وكان اكثر تشدداً ، حين فرض على نفسه منهجاً علمياً حقاً . فقد اتخذ لنفسه قاعدة بان لا يعتبر صدق الظاهرة المدروسة الا اذا كانت الأسباب المؤدية اليها قد روقبت تماماً (راجع بهذا الشأن مثلاً وصف سقوط الأوراق ، تـاريخ النباتات ، I ، 9) .

وتاريخ النباتات يقدم اولاً (الباب الأول) تصنيفاً ، وهذا يدخل ضمن فكر المدرسة وقد زايد تيوفراست على فكر ارسطو بالذات فجعل من التصنيف عقيدة : يقول :

« بما ان المعرفة تبدو اكثر وضوحاً عندما تتناول اشياء مقسومة الى انواع ، فيجدر ان نضع هذا التقسيم في كل مادة كلما امكن ذلك » . وفيما يتعلق بالنباتـات ، يرتكـز التصنيف على وجـود اوغياب الجذع وعلى انواعه المتعددة . ويميز تيوفراست Théophraste اربعة انواع من الطبقات : الأشجار ، وهي نباتات ذات جذع واحد يتفرع بعد ارتفاع معين . ثم الشجيـرات ولها جـذع واحد يتفـرع منذ القاعدة ؛ ثم الشجيرات الدنيا ذات الجذوع المتعددة واخيراً الأعشاب وهي نباتات محرومة من الجذع واوراقها تخرج مباشرة من الأرض.

وهناك قسم اكثر اصالة في « تاريخ النباتات » هو الكتاب الـرابع (IV) الـذي يعالـج المواقـع الملائمة لمختلف الأجناس النباتية وتوزيعها الجغرافي . وفي الكتب الستة حول « اسباب النباتات » وهي تـتـوافق مع الكتب الخمسـة الأرسطيـة حول « خلق الحيوانـات » ، دُرِست عمليـة الخلق والانتشـار النباتيين : التبرعم ، الأزهار ، الأثمار ، الخ .

وألَّف تيوفراست ايضاً كتابـاً بالمعـادن يُعتبر ضائعة اليـوم ، وكتابـاً في الاحجار يـوجد منـه جزء كبـير (مترجم الى الفرنسية من قبل ف. ميلي F.de Mély ، الصقالون اليونانيين ، 1 ـ 12) ودون الذهاب الى حد الزعم بان تيوفراست هو محرر المجموعـة الأرسطيـة ، يمكن الظن ، مـع البقاء ضمن حـدود المعقول ، انه تابع دراسات معلّمه في مجالات الفيزياء وعلم الحيوان وعلم النفس ، ولا يبدو انه كان اهلاً للقيام بالتركيبات الكبرى التي تخلق العلماء العظام .

اوديم Eudème (اشتهر حوالي 320) : كتب اوديم تفسيراً لفيزياء ارسطو اعتبـر مع تفسـير الاسكندر الافروديسي Alexandre d'Aphrodisias احد المصدرين الـرئيسيين لتفسير« سمبليسيوس » Simplicius . وهو ايضاً مؤلف تواريخ علم الفلك والجيومتريا التي حرمنا ضياعها من عنصر اساسي لدراسة المدارس الرياضية القديمة ، والتي جُمعت بعضُ مقاطعها ، المشوهة احياناً من خلال جيمونوس Géminus وبورفير Porphyre وسوزيجن Sosigène ، في الكتب التي وضعها تيون الازميري Théon

de Smyrne ، وبـروكلوس Proclusوايتوسيوس Eutocius وسـامبليسيـوس Simplicius وكليمـان Clément الاسكندري . وحتى لو اقتصرت تواريخ « اوديم » على هـذه الأجزاء فهي ذات قيمـة لا تضاهى ، إذ لم يحفظ شيء عن كتب مماثلة من نفس الحقبة ، هذا اذا افترض وجودها .

اريسـطوغـزن **Aristoxène** : هـو تلميـذ زينـوفيـل Xénophile الفيثـاغـوري ثم تلميـذ « ارسطو » . وقد استقى اريسطوغزن التارنتي (ولد حوالي 360) معارفـه الموسيقيـة من مصدرين : الفيثاغورية والأرسطية .

وقد وضع لاسوس هرميون Lasos d'Hermione (القرن 6) وهيباس Hippas من ميتابونت Métaponte (القرن 6 – 5) تقريباً عن حدة الصوت وسرعة انتشاره في الهواء (الصوت الأرفع هو الأسرع) . هذه النظرية ـ الخاطئة ، والخصبة بآن واحد ، لأنها تظهر دور الهواء في انتشار الصوت ـ قَبِلَها ارسطو في كتاب « النفس » . ولكن الى « المدرسة المشائية » (والى أرسطو اذا كان هو واضع كتاب (περὶ ἀκουστῶν) يعود الفضل بانها عرفت عن طريق الملاحظة الواعية ، ان كل الاصوات العالية والمنخفضة تنتشر بنفس السرعة ، في ذبذبات متلاحقة تتغير وتيرتها فقط بحسب حدتهـا . هذه النـظرية الجديدة كـانت مقبولـة في الوقت الـذي كتب فيه « ارسـطوغزن » كتـابه « هـارمونيكـا » . ولهذا اكتفى بالتلميح دون التحـديد إنمـا مع قليـل من الحدة والتسرع ، الى الـذين يتكلمون عن عـلاقات الاعـداد والسرعات النسبية التي عنها ينتج الارتفاع والانخفاض » (هرمونيك ، 2 ,32) .

ديسيارك **Dicéarque** : بدأ علم الجغرافيا اليوناني كما بدأ تاريخ كل العلوم الأخرى التي نمت خلال الحقبة الهلينية ، في القرن السادس في ايونيا Ionie . وفي السابق ، وحتى في القصائد الهوميرية نجـد اشارات اثبت الانتقـاد الحديث (عـلى الأقل في بعض الحـالات) صحتهـا . ولكن يعـود الى انـاكسيمندر Anaximandre وضـع اول خارطـة في خدمـة البحارة . وهيكـاتي الميلي Hécatée de Milet ، (550 - 475) هـو الذي وضـع اول كتاب خـاص مخصص للجغرافيـا . وقـد بـرزت فيـه الأراضي الواقعة فوق سطح الماء وكأنها دائرة واسعة يشكل البحر المتوسط وسطها اما حدودها الخارجية فهو المحيط .

وفي القرن الرابع يمكن من جهة ذكر عدد من الكتب الوصفية الخالصة ، مثلاً الكتابان 4 و 5 من التاريخ العام لايفور السيمى Ephore de cyme ، وحكايات البحارة المسالين ، واشهرهم بيتياس Pythéas مؤلف « περὶ ὠκεανοῦ » ، ومن جهة اخرى المحاولات الأولى في الجغرافيا الأولى مع ايدوكس Eudoxe الذي حاول ، بعد ان ثبتت كروية الأرض يومئذٍ ان يوضح ابعاد الكرة . وارسطو اذا كان قد التزم حول هذه النقطة بحسابات ايدوكس فانه قد عالج بنفسـه في كتاب الميتيـورولوجيـا météorologie مختلف المسائل المتعلقة بالجغرافيا الفيزيائية : نشأة البحر والأنهار والريـاح والضباب وتوزيع القارات الخ .

واحد تلامذته الأوائل ديسيارك المسيني (350 - 290) يمكن ان يعتبر الجغرافي اليوناني بين الميليزي هيكـاتي والسيريني إراتـوشن Eratoxhène . وكتـاب ديسيـارك مهم ومتنـوع لم يصـل اليـنا مـع الأسف إلاّ

كأجزاء فقيرة . ووصفه يشمل مجمل الأراضي البارزة والمسكونة والتي تمتد من الغرب الى الشرق من اعمدة هيرقل Hercule ومن الشمال الى الجنوب من مصر العليا الى شيرسونيز Chersonnèse . هذه المسكونة لا تختلف كثيراً من حيث شكلها العام عن مسكونة هيكاتي Hécatée . وقد اعطى ديسيارك ابعادها التي تساوي 60 الف (ستاد) من الشرق الى الغرب و 40 الف ستاد من الشمال الى الجنوب . ويصعب تفسير هذه الأرقام ضمن الجهل الذي نحن فيه لوحدة الطول المستعملة (هل هو ستاد اتيكا Stade attique أو ستاد مصر) ؟ . وعلى كل حال تبدو ابعاد الأرض مصغرة . والقياسات الأكثر دقة سوف تُعْطى في القرن اللاحق من قبل اول جغرافي كبير في العصور القديمة هو آراتوستين (Eratosthène) السيريني ، (يراجع بهذا الموضوع دراسة ج . بوجي (Beau jeu) ص 374 - 376) .

الفصل الخامس
الطب اليوناني : من الجذور الى نهاية الحقبة الكلاسيكية

I ـ قِدَمُ الطب اليوناني والاهتمام بالملاحظة الدقيقة

في منتصف عمره بدا الطب اليوناني عظيماً . والازدهار الذي عرفه فرض نفسه على التاريخ . وطيلة قرون طويلة ظل طب الغرب وطب الشرق والاسلام خاضعين لإشعاعه ، واليوم ما تزال روحه حية وفاعلة . وعلى كل فان هذا النجاح المدهش لم يمنع ظلام البدايات الغامضة . وفي الحالة الراهنة تبدو البدايات ذات أهمية خاصة لان إيبقراط Hippocrate ، الذي فيه تتجلى عبقرية الطب اليوناني ، يدخل في الواقع ، ضمن تراث طويل تفوتنا حلقاته الاولى . وقبل ان يكون ابقراط طليعياً ، كان تابعاً ، وكان الثاني في مدرسته من حيث الاسم وكان وارثاً مباشراً لجهود العديد من الاجيال . وفي ما بعد اصبح عمله نقطة انطلاق ونموذجاً .

شهادة كتابة ابقراطية : هَدَفَ مُؤلِفُ (الطب القديم) ، وهو احد الكتب الشهيرة في المجموعة الابقراطية[1] ، الى اعادة رسم تاريخ فن ابقراط . وقد رأى جذورَهُ قائمةً في الاهتمام باعطاء الانسان نظام حياة ، ونظام طعام بصورة خاصة ، يلائم حاجاته بشكل عقلاني . ضمن هذا المنظور العام جداً ، يرتبط الطب بالتلمُّسات الأولى للنوع الباحث عن وجود افضل . فتعلم الطبخ هو احد مظاهره . وفيما بعد يصبح « راعي الصحة » ومدرب الرياضة ممثلين رسميين في هذا المجال . وبالمعنى الضيق والتقني ظهر الفن عندما حرص بعض الأشخاص على توضيح النظام الملائم للأشخاص

---

(1) ان المجموعة الايبقراطية ، التي كانت تعتبر في السابق وكأنها تشكل مجمل اعمال ابقراط ، هي في الواقع مجموعة من حوالى 60 رسالة في الطب تمثل التيارات المتنوعة بل والمتعارضة . وهذه الكتابات وضع معظمها بين 450 و 350 ق.م . وتشكل مصدرنا الرئيسي الاعلامي حول الطب اليوناني قبل الحقبة الاسكندرية . ونحن نذكرها سنداً للطبعة الكبيرة طبعة ليتري litre´(مدخل، نص، ترجمة 10 اجزاء، باريس 1839 - 1861 (وبالاختصار ، « مجموعة ابقراط ») ؛ « والطب القديم » يعتبر من الناحية التاريخية احد الكتب الأقدم . وفي ما يتعلق بالمسائل التي تطرحها المجموعة ، يراجع بورجي Bourgey : الملاحظة والتجربة عند الأطباء في المجموعة الايبقراطية ، باريس ، فرين Vrin ، 1953 .

المرضى ، بحث مستمر ومتابع للسابق ، وهو اكثر من دقيق ، لأن الأخطاء لها عواقب خطيرة ، ثم ان الفوارق البسيطة في اسلوب العيش يمكن ان تؤدي الى اضطرابات عميقة . ثم ان مؤسسي الطب كانوا بحق مكرمين كالآلهة وان كانوامن البشر .

هذه الاعتبارات والأفكار الصادرة عن متخصص كان يكتب في النصف الثاني من القرن الخامس لا تدخل ابداً ضمن الأفكار الفلسفية ، لأن المؤلف ليس فيلسوفاً بل ممارساً . إذ كان يحذر كثيراً بناة المناهج حسب طريقة امبيدوكل Empédocle كما يبتعد عن مقلديهم في المجال الطبي . فهذه التيارات الجديدة تشكل في نظره خطراً عظيماً . فهو يعارضها لا باسلوبه الشخصي في الرؤية بل بالواقع ، وبقيمة التراث الذي ينتمي اليه ، والذي يبدو انه عريق في القدم . ومنذ الأزمنة القديمة امتلك الطب ، كما يقول لنا ، منهجاً اتاح له العديد من الاكتشافات الجميلة ، وهذه الاكتشافات سوف تستخدم في المستقبل ، وبدورها ، كأساس لتقدم آخر . ولكن هذه الطريقة الممتازة بسيطة في مبدأها : انها تقوم على الانطلاق من الوقائع ، بعد الرفض المطلق لكل فرضية (اي لكل تمثيل تصويري ومنهجي) ، ثم فهم الوقائع بفضل تحليل عقلي يتلاءم تماماً مع هذه الوقائع لأن كل شيء يبقى مربوطاً **بالملاحظة** .

تدل هذه النصوص على ان عادة الملاحظة الدقيقة ليست في الطب اليوناني مكسباً من مكاسب الحقبة الكلاسيكية ، بل ثمرة تراث مكين آتٍ من ازمنة بعيدة ، وهي ، اي هذه الثمرة اصبحت مهددة جداً وبشكل جدي في منتصف القرن الخامس . فلننظر الآن هل هناك وقائع اخرى في نفس الاتجاه .

الطب الهوميري : منذ زمن بعيد لاحظ بعض العلماء ان الطب الهوميري يمثل في اغلب الأحيان سِمَةً ايجابية . نشير بصورة خاصة الى الدقة واحياناً الوضوح الصارم لوصف الجروح في الالياذة ، ابتداءً من تلك التي تسبب موتاً صاعقاً (سهم في مؤخرة الرقبة) ، إلى الصدمات التي تدخل في الغيبوبة الدماغية (من ذلك الصدمة العنيفة عند مستوى الخوذة) .ومن جهة اخرى ان المعارف التشريحية هي في جوهرها الموجودة في المجموعة الابقراطية . من ذلك ان الاستمرارية تظهر بآن واحد في روحية الملاحظة وفي المعرفة الايجابية .

اما الطبيب فوضعه بجانب المريض ذو دلالة واضحة سنداً للقصائد الهوميرية . انه شخص معتبر : إنه شخص يشفي ، ولذا فهو يساوي الكثيرين . ولكن في هذا العالم المملوء بالآلهة انه يمارس فنه بشكل عقلاني خالص . انه يعرف بمهارة كيف يسحب السلاح من الجرح وكيف يضمد الجرح بواسطة ادوية نباتية ولكنه في جميع الحالات ليس اختصاصياً ، تخلى عن الاهتمامات الأخرى . لأن بوداليروس Podaleiros وماشون Machaon ابني اسكليبيوس Asclépios هما محاربان قويان . وبالعكس ان آخيل Achille ، وباتروكل Patrocle جديران بان يتحوَّلا الى طبيبين مرتَجِلَيْن .وهكذا وُجِدَت الأبعاد التي فتحها كتاب الطب القديم مؤكدةً بصورة جيدة : ان الفن يقتضي معارف دقيقة مكتسبةً بصورة منهجية . وهو يعني من حيث المبدأ كلَّ الناس وان نحا لأن يصبح بصورة تدريجية محصوراً ببعضهم . واسكليبيوس Axclépios نفسه الذي اصبح اسكالوب Esculape اللاتين

المستقبلي ليس هو الإلـه الذي يشفي ، انـه امير تـريكا Tricca . ويبـدو في الالياذة (IV ، 194) ، كطبيب كبير لا غبار على مسلكه . اما الأساطير ، والبطولات ثم القدسية فتأتي فيما بعد . والبحث في الروايات الميتولوجية عن آثار الملاحظة وعن التجارب ، وهي التي تترجم ، في مجال لغة الصور ، البحوث الايجابية الحقة ، يبدو اكثر دقة . ان الشخصيات الكبرى في الميتولوجيا اليونانية ليس لها صور ثابتة ، ان اشكالها ، واوصافها تتغير وهي في كل حال تبدو متعددة .

نذكرُ مع ذلك ببعض الوقائع : فابولون Apollon ذو العلاقات المعروفة بالطب هو ايضاً إلـه الشمس . وارتميس Artémis التي تسهر على المولـدات هي من جهـة إلهـة قمـريـة ، وبـالتـالي مـرتبـطة بدورة تشبه دورة المرأة . وبعض اعمال هيرقليس Héraclès لها بالطبع مدلول طبي . كذلك تاريخ الشفاءات الشهيرة التي حققها البطل ميلامب Mélampe . واخيراً يجب ان لا ننسى ان الحكيم شيرون Chiron ، المعلم الأسطوري لاكليبيوس Asclépios وآشيل Achille كان متخصصاً بصورة خاصة في معرفة خصائص النباتات . وهو بهذا كان يعتني بشكل مدهش بالمرضى وبالجرحى .

وتبقى هذه الملاحظات . بحكم طبيعة الاشياء غير واضحة وغير اكيـدة . ويبدو الفن الاغـريقي اكـثر دلالة بمعنىً من المعـاني . من الازمنة الميسينيـة . ليس لأنه يقـدم بصورة مبـاشرة مستنـدات تتعلق بالمجال الطبي . ولكنه يَنُمّ من خلال نوعية المشاهـد المحفورة عـلى الآنية وعـلى الخناجـر ، عن وضوح مدهش في ملاحظة المواقف البشرية والحياة الحيوانية . ونحن نمسك هنا اي ندرك ، مثبتةً على المعدن ، موهبةً عظيمةً في الرؤية وفي الفهم . وهذه الموهبة بعد ان طورها العمـل والخبرة تبـدو احدى المميـزات الرئيسية في الحضارة الهلينية الاولى ؛ وسنداً لما نعرفه عن « هوميروس » وعن الطب القديم ، نعتقـد ان هذا الفن قد استعمل ايضاً لملاحظة الجرحى والمرضى وانه بالتالي في اساس الاسـاليب الاولى في العنايـة وفي الشفاء .

في هـذا التيار الإيجابي القديم جـداً هناك صفتـان تلفتان النـظر بشكل خـاص : اهمية المعـارف الـدقيقة المقـررة بشكل دقيق ثم غيـاب الاهتمام الحق بـالمنهجة . نجـد عند هـوميروس احـداثـاً كـاملة الملاحظة ولكن لا نستشف ابـداً ، حتى ولو عـَرَضاً ، وجـود اية نـظرية طبيـة . ومؤلف كتاب « الـطب القديم » نفسه ، رغم ان افكاره تبدو اكثر تنظيـماً وانه يتكلم عن نضـج الاخلاط ، فهـو يمتنع عن كـل عرض منهجي فيما يتعلق بالاخلاط . ويشعـر المرء عنـد ان هذا الـرفض او الامتناع هـو نتيجة عـادات قديمة ، وان الخضوع للاحداث يبدو وكأنه لا يتلاءم مع وضع عقيدة معقدة نوعاً ما حول الامراض .

II ـ التراث السحري في الطب اليوناني

الحدث ونشأته الحديثة نسبياً : اننا نبسط مسألة الطب القديم ان نحن اكتفينا بهذه الملاحظات الأولى مهما بدت مركزة . فقد كان هناك طب آخر مختلف تماماً في العالم اليوناني ، تفهم اسبابه بدون عناء ، لأن الفجاءة غير المتوقعة في كثير من الأمراض ، والعجز عن استبعادها حتى من قبل الأشخاص المجربين ، كل ذلك قد سهل في كل الاوقات اللجوء الى تفسيرات ليست نوعاً ما عقلانيـة والى اساليب غريبة في المعالجة .

وتبدو الالياذة L'Iliade فقيرة في هذا الشأن لأن المحاربين يشكون بصورة خاصـة من الجروح

ذات الأسباب الظاهرة . اما الاوديسة L'Odyssée التي تضعنا امام عالم اكثر تعقيداً فهي تترك قسماً ما لطب السحر أو الطب الخفي : من ذلك في الكتاب الرابع (حوالي 219 - 232) القت هيلانة Hélène ، لكي تشيع المرح في وليمة ، نوعاً من الدواء السحري يُنْسي كلَّ الهموم ، في الوعاء الكبير للخمر ، ثم قالت انها اخذت هذا الدواء من امرأة من مصر ، البلد الذي اشتهر اطباؤه بالعلم اكثر من اي بلد آخر .

ولا يبدو هذا الطب السحري انه يعود في التراث اليوناني الى الجذور بل ان تطوره يقع ضمن الحقبة التاريخية . وهناك حدث ذو دلالة خاصة هو نشوء اسطورة اسكليبوس Asclépios . وقد اصبح الطبيب الممتاز ، بطلاً خارقاً انما معرضاً لاغراءات اللااتزان ، وقد وقع فيه ، لأنه احيى الأموات وقد قُضِيَ عليه بسبب ذلك (بندار ، Pindare ، III ، بيتيك Pythique) كما انتشرت بشأنه الأقاويل المتنوعة وحتى المتناقضة . ثم رفع اسكليبيوس Asclépios الى مصاف الآله الحق . والتمثال يصوره بسماتٍ تُذكِرُ بصفات الآله زيوس Zeus .

وبدأت طبابة المعابد في تريكا Tricca ، وربما حوالى القرن الحادي عشر والقرن العاشر . ولكن بعد ذلك بكثير ، وفي القرن الخامس والقرن الرابع ، اخذ ازدهاره يظهر حقاً . وحالة ايبيدور Epidaure مميزة : ان عبادة أسكليبيوس Asclépios تعود فعلاً الى نهاية القرن السادس . وفي القرن التالي ازدهر هذا الاعجاب : واسست وليدة له في « اثينا » سنة 420 . ويعود تاريخ اسكليبيوس Asclépios الكوسي (كوس Cos هي جزيرة « ابقراط ») الى منتصف القرن الرابع . وكانت هذه المعابد التي اصبحت فيما بعد ، في الحقبة الهلينستية والرومانية ، نوعاً من اماكن الشفاء ، اصبحت في هذه الحقبة الأولى مرغوبة فقط من اجل الأحداث الخارقة والفجائية التي تحدث فيها . واتاحت الحفريات والتنقيبات التي جرت من قبل كاودياس Cawadias ، العثور على مدوَّنات ذات دلالة . ففي حين كان المريض ، بعد المشاركة ببعض الاحتفالات ينام في الهيكل كان يرى في المنام شفاءه او ما يؤدي الى هذا الشفاء ، ذلك هو اجراء الحضانة الشهير الذي هو اساس الاستشفاء المعتمد في المعابد .

ويجب ان نقرب من طب المعابد عدداً من التيارات التي لعبت دوراً مهماً جداً في اليونان بين القرن السابع والقرن الرابع . وهذه التيارات تسمى اورفيسم orphisme ، وهي ديانة شهوانية خمرية (نسبة الى ديونيس او باخوس إله الخمر) كما هي منسوبة ايضاً انما بشكل محدود الى الفيثاغورية . وساعدت هذه التيارات على نمو عقلية مؤمنة بالخوارق والمعجزات ، ومستعدة للايمان بامكانية كل الخوارق المعتبرة في الجسم البشري . وهكذا كما بيَّن ب . م . سكول P.M.Schuhl تنزع الحكمة الحماسية عند العارف ، كحكمة ايبيمنيد Epiménide مثلاً الى التراكم مع الحكمة القديمة المرتكزة على التجربة وعلى العقل ، الحكمة المتمثلة في سولون Solon وفي تاليس Thalès ، الحكمة التي يمكن ان تحل محل الحكمة الأخيرة .

الطب السحري مفكرو الحقبة الكلاسيكية : ان وجود طب التعزيم وطب السحر ثابت ومعروف من قبل الفلاسفة انفسهم . وهناك شهادتان تبدوان لنا مميزتين بشكل خاص . الشهادة الأولى

من امبيدوكل Empédocle ، وهو معلم في الطب التجريبي (تجربة الساعة المائية المغطسة في الماء) وفي الأجزاء التي بين يدينا (112 بيتاً) من الشعر من اصل قصيدته الكبيرة التي عنوانها « التطهير » ، حيث نرى ، من اجل الشفاء ، وجوب ممارسات غريبة عن كل فن عقلاني : الطبيب يشبه النبي والشاعر . ويعتبر « امبيدوكل » نفسه كحامل « الخارق » الذي ينقذ الأشخاص المصابين في اجسادهم . وتعتبر شهادة « افلاطون » اكثر اقناعاً ايضاً ، لأن مؤسس الاكاديمية لا يرتدي المظهر الغامض الذي يرتديه سابقه في بعض الأحيان . وافلاطون ، [ليس في « المحاورات » فقط وهي من كتب البدايات مثل شارميد Charmide (155 e) ولكن ايضاً في كتب النضج مثل الوليمة ، (بنكيت Banquet 202 e ـ 203 a) (وفي تييتيت Théétète ، 149 ee) ، وفي الكتاب الكبير كتاب الشيخوخة : القوانين (666 be و 790 ،)] يعترف في هذه الكتب كلها بالدور الذي يمكن ان تلعبه في عمليات الشفاء ، اجراءات السحر والتعاويذ : بالنسبة الى وجع الرأس هناك عشبة جيدة انما يجب ان تقرن بعبارة سحرية . والمولّدات لا يكتفين بإعطاء الأدوية ، بل يتدخلن ايضاً وبشكل فعّال بواسطة التعاويذ . ففضلاً عن ذلك وبشكل عام والى جانب الفنون المرتكزة على التجربة وعلى التفكير توجد فنون اخرى من الانماط « الشيطانية » تختلف اساليبها عن الأولى . ولفهم جدية هذه الأجراءات الغريبة يستحسن تذكر وصية افلاطونية ثابتة : عدم التفريط باي مظهر من مظاهر الأشياء واي شكل من اشكال الحياة والفكر . وحتى يمتد هذا الاهتمام فيصل الى طب العرافين والسحرة يجب ان يكون هذا الطب ، على الأقل في بعض الحالات معتبراً كموقف صالح وليس كانحطاط فكري . ويعترف توسيديد Thucydide الجدي بوجود هذه الممارسات غير العلمية لأنه عندما يصف الطاعون الذي اصاب « اثينا » ، لم يشر فقط الى عدم جدوى عناية الأطباء بل اشار ايضاً الى ان الوسائل الأخرى مثل الادعية والمعجزات والوسائل السحرية بدت ايضاً بدون فائدة (حرب بيلوبونيز Péloponnèse ، 2 ، 47) .

وإذاً فطب السحرة والكهنة كان راسخاً الى حد ما في افكار المفكرين الأكثر جدية . ووجود هذا الطب كان على الأقل مقبولاً . وهذا الوضع ذو دلالة على الرفض المطلق المعتمد بصورة دائمة من قبل المدارس الطبية المتنوعة . فالأطباء لم يكونوا يتنازلون لمناقشة هؤلاء السحرة والمشعوذين ، إلا مرة واحدة عندما تعلق الأمر بالصرع او داء النقطة ، وحتى في هذا الظرف كان الخصم محتقراً ومعاملاً بالسوء (مجموعة « ابقراط » مجلد 6 ص 352 - 362) . وقليلاً ما لوحظ وجود عقليتين متعاصرتين وغريبتين الى هذا الحد . يوجد هنا عالمان متمايزان ، أحدهما مغلق دون الآخر . ونرى من هنا كم هي خاطئة الفكرة التي صدرت سابقاً عن سترابون Strabon (الجغرافيا 14 ، 657) ، والتي ظلت مقبولة لمدة طويلة ، ومفادها ان الطب اليوناني قد نشأ في المعابد .

الطب اليوناني والتأثيرات الخارجية : ويبقى ان هذا الانفصال الصارم المغاير للواقع التاريخي يطرح الكثير من المسائل . وهو سوف يتوضح على كل حال عندما يتاح لنا تبيين التنظيم القوي في المدارس الطبية ثم دقة نهجها العلمي [1] . ونفهم بصورة افضل عندئذٍ كيف تَثَبت بيسر نوع من

(1) ويمكن ان نتساءل [لأن اعضاء مدارس كوس cos وسنيد Cnide ـ وهي المدارس الأهم كما سنرى ـ تسمى اسكلبياد =

التـراث الايجابي ، الـذي بحثنا فيـه في بدايـة هذا الفصـل ، وكيف نما بسهـولة وكيف انـه ، لذات السبب ، وُجِدَ رفضٌ جذريٌ لكل نوع من المؤالفة ولكل تساهل أو مهادنة مع التيارات الأخرى .

ودراسة تأثير الثقافات الأجنبية (الشرق ومصر) سـوف تقدم لنـا معلومات من ذات النـوع . وهذا التأثير يبدو اكثر بروزاً في تطور الطب السحري والتعويذ . وهناك العديد من النصـوص تشهد بذلك . والمقطع من « الاوديسة » الذي سبق ذكره يقدم مخدر هيلانة Hélène وكأنه آتٍ من مصر . وعنـدما يتكلم « افـلاطون » في كتـابه شـارميد Charmide عن التعـاويذ ، يستشهـد بمكانـة زامـولكستش Zamo lxis الـذي هو طبيب تـراسي Thrace [نسبة الى تراسيا بين اليونـان وتركيا] . ودراسـة النصوص الاكادية akkadiens والمصرية تدل ، لدى شعوبها ، على وجود فن شفائي لم يكن عارياً عن الملاحظات الدقيقة وحتى الصارمة ، إلا انـه بذات الـوقت كان يستخـدم ، وبصورة منـتظمة ادويـة وإشارات من نوع آخر تماماً (هي السحر والتشخيص السحري) . ونجد انفسنا تجاه سلوكٍ غامض اعجـز ، رغم كثرة عـدد المعارف الـدقيقة ، من أن يبلغ نقـاء المواقف المـوجـودة في الـطب الأقـدم الهومهيري ، وهو طب الإلياذة .

ودلت الأعمال الجديدة التي قام بها ج ـ فيليوزات J - Filliozat على وجود نوع من التناظر بين الطب الهندي والطب اليوناني . ولكن هذا التناظر يتعلق بصورة خاصة بالعقائد ، وهو يهتم بالناحية النظرية في المؤلفات ويتناول كتباً موسَّعة مثل « الرياح » ، التي هي الأقل دلالة على التيار الايجـابي . وعبر هذه المؤلفات تتراءى فئة جديدة من الأشخاص ، الفلاسفة الذين كان العديد منهم من الرحالـة والمنفتحين على التأثيرات الأجنبية .

ومن الملحوظ على كل حال ان التأثير الفلسفي البـارز تمامـاً في بعض الكتابـات مثل : النـظام الغذائي Le regime ، الرياح ، الأسابيع ، اللحوم ، قد اشير اليه على انه خطير جـداً ، في الكتب الأخرى مثل : الطب القديم ، طبيعة الانسان : الكتب التي يبرز فيها بشكل مستقل تماماً ، الـروح الايجابي .

فهل يتوجب بالتالي القول بان الطب في اليونان ، ذا النزعة العلمية ، قد تكوَّن بكـامله ضمن اطار مغلق ؟ ان مثل هذا التأكيد هو مجرد افتراض ، يبلغ حـد الاسراف . لقـد اشار م . سـاندراي M.Sendrail الى تشابه موحٍ بين الوصفات الاكادية وبين كتابين شهيرين هما : « برينوسيون كـواك Prénotions Coaques » ، و « البرورتيك » I Prorrhétique .

وبيّن ج . فيليوزات I - J - Filliozat اهمية هذا التوافق ، وقد عرض لنا نحن بالذات أن نشير الى وصفات diagnostic نيدية Cnidiens حول خصـوبة النسـاء وحول جنس الـولد الجنيني ، هـذه الوصفات كانت تُورِدُ بصورة حرفية صيغاً وردت في البابيروس المصري[1] .

= Asclepiades (« افـلاطون » ، « بـروتاغـوراس » b - 311 ، فيدر 270C ؛ غـاليان Galien ، طبعـة كون Kuhn مجلد ـ 18 A ـ ص 731)] الا توجد بنوة تاريخية محددة بين هذه المدارس والطب الاقدم ، طب الأزمنة الهوميرية .

ومهما يكن من أمر ، نعتقد بانه ، فيما خص الطب الهليني الخاص ، يبقى التأثير الخارجي ، مهما كان اكيداً ، ثانوياً ، لأن المبادىء الموجِّهة للبحث ، والروح التي يجري فيها هذا البحث ، لم يأتيا من الخارج . انهما يعبران عن مثال قديم ، مهما كان ضمنياً وخفياً . ومن جهة اخرى ، ومن المؤكد تماماً ايضاً ان تعدُّدية الاتصالات والمبادلات في يونان ذلك الزمن ، كانت توسع مساحة المعارف وتفتح آفاقاً جديدة . وبدون هذا المصدر الإغنائي كان يمكن لهذا التفتح الفخم في الطب الوضعي ان يلاقي المصاعب ، وربما الاستحالة .

III ـ مظاهر خارجية في الحياة الطبية في أواخر القرن الخامس

اهمية المدارس الطبية : اننا نركز اولاً على الاطار الخارجي . وبفضل مجموعة « ابقراط » دائماً وكذلك بفضل العديد من التلميحات المذكورة عند المؤلفين الكلاسيكيين ، نستطيع نحن ان نتصور هذا الاطار بشكلٍ حسن . لقد اصبح الأطباء ، بعكس ما كان حاصلاً في الأزمنة الهوميرية ، اختصاصيين مكرّسين بصورة كاملة لفنهم . كما ان الاحترام والاعتبار الذي كان يحيط بهم ، كان ضخماً . وهذا يعود الى استقلاليتهم والى انتاجهم العلمي ، (فعديدة هي الكتابات الطبية : يقول كزينوفون Xénophon في الميمورابل mémorables ، 4 ، 2 ، 10) ، وايضاً ، كما سنرى قريباً ، الى قيمة المثال البشري ، هذه القيمة التي تتجلى من اعمالٍ ومن ممارساتٍ يومية ، لدى الكثيرين منهم .

وكان هناك حدث مهم لم يكن في مجرد وجود مدارس طبية ، بقدر ما كان في الميزات الخاصة التي كانت تمتاز بها هذه المدارس . فهي لم تكن متمايزة ، كما سوف يكون هو الحال فيما بعد ، بالعقائد وبالأنظمة المعلّمة فيها . لقد كانت هذه المدارس الطبية مربوطة في البداية بمكان جغرافي : انها مدارس رودس Rhodes ـ وكنيد Cnide ، وكوسCosوايطاليا الجنوبية. ونحن نستعير هذا التعداد من « غاليان » الذي يستعمل ، عندما يعين هذه المجموعات من الأطباء ، الكلمة المعبرة جداً كلمة كَوْرَس » (الجوقة) وتدل مراجعة مجموعة « ابقراط » على امكانية توضيح بعض مظاهر حياة هذه المدارس إذ قد يحدث ، وبنسبة كبيرة ان تكون الرسائل المجموعة ضمن مجموعة ابقراط ، عائدة الى الكتلتين المتخاصمتين ، كتلة كوس وكتلة كنيد ، وهما المدرستان الأكثر تمثيلاً للطب القديم ؛ اننا نصل هنا ايضاً ، انما عن طريق المواربة فقط ، الى مدرسة ايطاليا الجنوبية ، بفضل بعض الرسالات الكنيدية التي تبدو وكأنها ذات علاقة بها (امراض النساء ، طبيعة المرأة) .

إلا ان التحقيقات التي يمكن اجراؤها في مختلف هذه الحالات هي واحدة . فعلى الصعيد الفكري يربط الفرد جهده في البحث بجهد المجموعة : وبعض الكتب هي منذ البداية عملٌ جماعيٌ .

---

(1) : راجع : م . ساندراي . المصادر الاكّادية للفكر وللطريقة الابقراطية ، تولوز Toulouse , 1958 ، ج ـ فيليوزات Filliozat : الوصفات الطبية الاكادية والهندية واليونانية ، الجريدة الآسيوية باريس ـ 1952 . ل . بورجي L.Bourgey . ملاحظة وتجربة لدى الاطباء في مجموعة ابقراط ، باريس 1953 .

وبعض الكتب الأخرى تستعاد فيما بعد وتستكمل من قبل مؤلفين عديدين . وهذا الإغناء المتتالي قد يكون احياناً من صنع عدة اجيال . « وآفوريسم » aphorisme ابقراط المشهورة بحق ، تستمد مادتها من كتب تعالج امراضاً خاصة او تتضمن سلسلات من التجارب . ونفهم ، ضمن هذه الظروف ، من هذا ان مفهوم المؤلف ، بالمعنى التقليدي والشخصي ، يفقد الكثير من معناه . ان المجموعة كلها هي المسؤولة عن العمل ، ان ابقراط هو بالدرجة الأولى اسمٌ جماعيٌ .

الصفات الخاصة بهذه المدارس : مثل هذه المشاركة في الفكر وفي النشاط تقتضي بالطبيعة تضامناً وثيقاً على الصعيد الاجتماعي والبشري . واليمين أو « القسم الشهير » يؤكد هذا الشيء بقوة : على الطبيب ان يعامل معاملة الأب ، معلمه في الطب ، وان يتقاسم معه ثروته وان يساعده في حاجاته . وعليه ان يعتبر اولاد معلمه كإخوته ، وان يكون مستعداً لتعليمهم فن الطب مجاناً . وعلى الطبيب في كل ممارساته العملية ان يحترم الأشخاص وخاصة النساء والأطفال . وهذه هي مستلزمات القانون الطبي . ولم يصل التضامن المهني الى مثل هذا الحد من الارتفاع .

وهناك نقطة مهمة يجب ابرازها : وهي الناحية العلمية تقريباً في تنظيم هذه المدارس . ورغم ان النعت يمكن ان يبدو مبالغاً فيه ، إلا أنَّ له مبرره بعدة اسباب قوية . إذ ، وبالدرجة الأولى ، ليس من اجل تحسين ومن اجل الدفاع عن مفهوم معين للإنسان وللصحة أو حتى للطب ، قد اجتمع هؤلاء الأشخاص اجتماع خلف عن سلف . ان هذا الإهتمام سوف يحصل فيما بعد ، في الحقبة الإسكندرية ، بعد ان تكون الفلسفة قد شحذت الأفكار ، وبعد ان يكون الطب بذاته قد صلّب مواقفه النظرية ، بعد ايضاحها وبعد ان صاغهاكمفاهيم. اما الآن فالمهم قبل كل شيء هو دراسة مجمل وسائل الشفاء ، باستعمال تجربة الأقدمين ومع الارتكاز على ملاحظةٍ مباشرةٍ هي اوسع ما تكون . ولهذا لن نشير الى وجود المدارس الخصمة التي نشأت في ذات المكان . ان المعارضات والمناقشات التي تعددت ، قد جرت عادة على صعيد التطبيق الطبي . ومؤلف كتاب « نظام الأمراض الحادة » مثلاً كان في حالة خصومة مع « الكنيديين » حول مسألة معرفة الوقت ، الذي يجب فيه اعطاء مرضى الحميات ، غذاءً متماسكاً قليلاً (شوربة الشعير إما مع الحب أو بدون حب) (مجموعة « ابقراط » ، II ، 232 ، 268) . وكذلك اختلفت مدرسة كنيد Cnide ومدرسة كوس Cos حول المعنى الذي يجب اعطاؤه للمظهر الرملي في البول الذي يدل ، بالنسبة الى الأولين ، على وجود حصىً في الكلية ، وبالنسبة الى الآخرين على وجود حصى في المثانة . وإذا اردنا ان نجد ، بكل ثمن ، اي باصرار ، وجهاً للمقارنة ، بين هذه المدارس القديمة ، وبين المؤسسات المعاصرة ، فإنه يتوجب البحث عنه في كلياتنا للطب ، الموزعة جغرافياً . ولكن التنظيم القديم ، كان منبثقاً في الأصل من مبادرات خاصة . وكان من الناحية الادارية اكثر مرونة ، كما كان من الناحية الإنسانية اكثر انسانية . وسوف تتاح لنا الفرصة للتثبت من ذلك .

المظهر المتنقل للنشاط الطبي : بهذا الشأن ، كان الطبيب ، من ذلك الزمن ، وإن بدا مرتبطاً ، سواءً من حيث تكوينه الأول ، أو من حيث ملاحظاته الفعلية ، وبحوثُه ، وكتاباتُه بمجموعة معينة

مكانياً ، فإنه لم يكن طبيباً مقيماً بل طبيباً رحالة . لقد كان يجوب البلاد اليونانية بحرية مطلقة ، فيجد في هذه التنقلات وسيلة اساسية لتوسيع معارفه ولإكمال ثقافته المهنية ، إذ كان من المبادىء الاساسية يومئذٍ ، سواءٌ فيما خص مدرسة كوس Cos او مدرسة كنيد Cnide ، ان الهواء والماء والمكان تؤثر في البنية الجسدية عند الانسان . في كل مدينة وفي كل منطقة كان الطبيب يتوقف لمدة من الزمن . وكان من القواعد العامة ان مدة الإقامة الوسطى يجب ان تكون بين سنتين وثلاث سنوات . والطبيب لا يسافر بمفرده . بل هناك اشارات كثيرة تدل على المساعدين الذين كانوا يحيطون به ، وكان هؤلاء المساعدون شباناً يرغبون في تعلم ممارسة الفن وعندما كان الفحص يتعلق باعضاء النساء كانت هناك قابلات موجودات ، يتولّين العمل مباشرة . ويدلنا نص وارد في « قوانين » « افلاطون » (720 - a - c) انه قد يوجد ايضاً ممارسون ارقاء ، يُكلّفون بصورة خاصة بمهمات مادية . كان الطبيب يقيم في المدينة مبنىً يُستخدمُ كصيدلية وكغرفة عمليات ، وهناك رسالة في مجموعة ابقراط بعنوان « عيادة الطبيب » . واخيراً لم يكن هناك تفريق ، كما حصل فيما بعد بين الجراح والطبيب ، تفريقٌ ادى في بعض الحقب الى نوع من الخصومة : ان الممارسة الجراحية كانت ، بالعكس ، احدى المهمات الأساسية والصعبة في فن الشفاء ، لأنها تفترض بآن واحد وجود مهارة يدوية وثقة فكرية .

اننا نرى الى أي حد كانت الآداب الطبية في ذلك الزمن توفق بين الحرية الخارجية في المسلك مع الانتماء الوثيق الى مجموعة . ورغم ان الملاحظات المهمة والكتب المدونة كانت في معظمها عملاً مشتركاً ، فقد كان كل طبيب ممارس وكفيٍ يعالج مرضاه على مسؤوليته ، ويبدو انه كان هو الذي يأخذ المبادرة لجهة سفره ، وكانت السفرات ، في اغلب الأحيان محكومة برغبة حارة في المعرفة ، وكانت في بعض الأحيان تدفع بالطبيب الى خارج العالم اليوناني ، الى ليبيا مثلاً والى سيتيا Scythie [روسيا الوسطى] ، أو الى الاطراف الشرقية من بونت اكسين Pont.Euxin ، [البحر الأسود] وبما ان النظام الصارم في العائلة الطبية كان يقتضي ، قبل كل شيء ، الاخلاص للفكر ، والتضامن الفعلي ، فإن هذا النظام لم يشكل بالنسبة الى الأشخاص اكراهاً معيقاً .

الطب والخطابة : وهناك خصوصية اخرى اصيلة ومهمة في الحياة الطبية ، ظهرت في القرن الخامس والرابع ، هي دور الخطابة ، لم تكن الخطابة يومئذٍ مجرد خروج على العمل ، أي نوعاً من الدروس الافتتاحية . بل كانت تشكل قسماً من النشاط العادي لدى الطبيب الممارس ، وهناك قسم كبير من رسائل مجموعة ابقراط (الطب القديم ، طبيعة الانسان ، الفن ، الرياح ، الأمراض رقم - 1 - ، التوالد ، طبيعة الطفل ، الأمراض - 4 -) يدخل حتماً في النوع الخطابي ، كما تثبت ذلك دراسة دقيقة ، إما من حيث التركيب العام (وجود مدخل وخاتمة) ، وإما من حيث بعض الخصوصيات الثابتة في المعجمية (الاستعمال الحصري لفعل القول) ؛ ومن الممكن ان تكون بعض الكتب الشهيرة قد كانت في البداية « خطابات » . وكون بعض الكتب من النمط الخطابي موجودة في كل التراث الطبي أو المدارس الطبية ، التي امكن الاطلاع عليها عن ذلك الزمن ، كل ذلك يدل على شيوع الأجراء . من ذلك مثلاً انه في « ذكريات كسينوفون » Xénophon ورد ان سقراط اَلمَح ، وهذا امر جد طبيعي ، الى فواتح (مداخل) الخطبات الطبية (IV ، 2 ، 5) . اما الأحاديث بين رجال الفن فكانت تتجاوز

في الغالب مرحلة المحادثات البسيطة فترتدي طابع الخطب البلاغية ، كما يدل على ذلك العديد من التلميحات المعبرة بشكل واضح . (مثلاً طبيعة الانسان ، في مجموعة ابقراط ، VI ، 34) .

واهمية الكلمة في ذلك الزمن سوف تفسر ظهور نوع من الرجال ليس له مثيل في حضاراتنا الحالية : هو الطبيب ، صاحب الحديث الجيد قبل كل شيء انه « المتحذلق » في ايامنا . مثل هذا الرجل كان يهتم اكثر باسلوب الخطابة اكثر من اهتمامه بأساليب الشفاء . وفضلاً عن ذلك كان يلجأ الى بعض الاساليب الاستعراضية التفخيمية لكي يؤثر في الأذهان : ترتيب مسرف في الضمادات ، القيام بالعمليات امام المشاهدين الكثر (من ذلك مثلاً ، من اجل تجليس العامود الفقري كانوا يربطون المريض بسلم ثم ينزلونه من اعلى البرج) ؛ ورسالة « المفاصل » تنتقد بعمق هذه المظاهر ، وتأخذ عليها انعدام السرية التي هي من خصائص رجل الفن الحقيقي والخطر قد يكون عظيماً ، خاصةً وان قسماً من الجمهور قد يظهر اعجابه بمثل هذه الاجراءات ولكن الحسّ السليم في تلك المرحلة الكلاسيكية ، والرغبة في الجمع بين العقل والتجربة كانا هما المنتصرين ، إن التحذلق العلاجي لم يكن يستطيع ان يضر ، لمدة طويلة بالحركة الطبية إذ لم يشكل فيها إلاّ حالة عارضة مبهجة .

وعلى كل حال تدل السهولة التي دخلت بها الخطابات في المجال الطبي على وجوب التفكير بالأمر ، اننا نلاحظ في النصف الثاني من القرن الخامس نوعاً من التداخل بين الاهتمام التقليدي بالموضوعية والميل الجديد الى المناقشة البارعة واللطيفة . ان الممارس من ذلك الزمن ، والذي نستشفه من خلال الإلياذة لم يكن يهتم ابداً بالبلاغة ، ولكن الحذلقة نشأت ، وترسخ مقامها واعتبارها . والطب ، لكي يظهر بمظهر الفن الصالح ، كان عليه ان يتزين الى حدٍ ما بزينة الخطابة وما لها من تأثير . والحدث الملحوظ هو ان هذا الوضع الخطر ، لم يؤد بالنسبة الى العدد الكبير من الأطباء ، إلى الاقلاع عن المثال الوضعي . وفي هذا المجال لم يكن العقل والخطابة متناقضين . ولكن الخطابة اتاحت وعياً اكبر للمثال الفكري المتبع بشكل بديهي عفوي .

الاطباء المستقلون : يجب ان نشير ايضاً الى بعض الرجال الذين اهملهم هذا العرض لأنهم كانوا غرباء عن كل مدرسة . هؤلاء المستقلون لم يشكلوا ، على الاقل في بداية المرحلة الكلاسيكية ، معظم الجسم الطبي . والتلميحات الأدبية لم تشر اليهم أو اشارت اليهم قليلاً . ولكنهم موجودون رغم ذلك ووجودهم تفسره الحرية التي كانت سائدة في اليونان على الصعيد الفكري . انهم على العموم فلاسفة وخطباء بقدر ما هم اطباء أو اكثر مما هم اطباء . والأنظمة الكبرى الطبية والكوسمولوجية ، التي رأت النور في القرن الخامس هي من صنعهم ، الى حد بعيد . وهكذا يبدو كتاب « النظام » ، مكتوباً من قِبَل شخصية قوية ، لها آراؤها الخاصة التي ليست على الاطلاق آراء اكثرية الأطباء (تصريح اولي للمؤلف ، مجموعة ابقراط ، 4، 466-468) . وفي كتاب « الرياح » ، و« الاسابيع » ، و« اللحوم » نجد اشارات من نفس النوع ، وان بصورة اقل جلاءً . فالطبيب الفيلسوف ، بخلاف غالبية زملائه يفكر ويمنهج على مسؤوليته الخاصة . وهذا الشكل الأول ، في الطب المستقل ، سوف يتغير بخلال القرن الرابع ، عندما تفقد المدارس الكبرى التقليدية تماسكها ؛ وعندها يظهر ممارسون ذوو قيمة عالية

وفكر وضعي ، لا ينتمون بشكل دائم إلى اية مجموعة . وبدأت مرحلة من الفردانية الطبية ، فردانية نسبية حتماً ولكنها اكيدة بالنسبة الى المواقف السائدة حتى ذلك الحين .

ان ديوكليس الكاريستي de Caryste Dioclès ، وهو طبيب شهير من اواخر القرن الرابع ، ابرزت شخصيته اعمال ورنر جيغر Werner Joeger ، لا يرتبط ، على ما يبدو بأية مدرسة طبية بالمعنى القديم والدقيق للكلمة . وكان تأليفه ضخماً واسع الأفق ومتنبهاً للاحداث . وكان يُعتبر « ابقراطاً » ثانياً (بلين Pline تاريخ طبيعي 26 ,6) . ودراسة الاجزاء المائية وثلاثون وتسعين الباقية عنه ، والتي بعضها واسع جداً ، تتيح فهماً اكبر لقيمة هذا الحكم . اننا نعرف اسماء السبعة عشر كتاباً من كتبه ، والتي تتناول مواضيع متنوعة جداً في الفن الطبي (من ذلك كتاب الطبخ وكتاب التشريح ، والحمّيات ، والصحة ، والتداوي بالاعشاب ، وامراض النساء . . . . الخ) . وقد احتفظنا ايضاً ، وبشكل كامل بنص الكتاب الذي وجهه الى الملك انتيغون Antigone (احد القادة القدامى من قادة الاسكندر ، والذي كان لفترة من الزمن سيد آسيا الغربية) جواباً على استشارة صحية طرحها عليه العاهل . وهناك كتاب آخر (كتاب حول الصحة) مهدى الى بليستارك Pléistarque ، وهو امير مقدوني ، ابن انتيباتر Antipater الشهير جداً في التاريخ اليوناني . ويمكن الحكم من خلال هذين الاسمين كم كانت شهرة الطبيب كبيرة .

ويقترب ديو قليس Dioclès في تكوينه العام من « ارسطو » ومن « الكلية » . ولكن هناك بعد ، عن هذا الرابط الفكري الخالص ، عن روح الاسرة التي تجمع بين اعضاء مجموعات « كوس » ومجموعات « كنيد » . ان صفحة من التاريخ توشك ان تقلب . فقد اخذت العائلات الطبية القديمة تزول ، مع ما تقدمه وتمثله بالنسبة الى اعضائها ، من متطلبات على صعيد الانضباط الفكري والتمسك الأخلاقي الأدبي . ان مجموعات من نمط جديد سوف تبرز . « والمدرسة » بالمعنى الأكثر عصرية سوف تحل محل الأسرة الحية والمرنة والتي شاهدناها في اساس الطب القديم .

IV ـ المثال العام في الطب خلال الحقبة الكلاسيكية :

يتوجب علينا الآن ان نعود الى الوراء في محاولة للغوص بشكل اعمق في حياة هذه المجموعات الطبية الأولى لمعرفة مثالها الفكري الحقيقي ، ولا نجرؤ ان نقول المثال العلمي ، لأن التعبير الأخير لا يوجد في اي كتاب ، كما ان المعتاد على هذه النصوص القديمة يرى هذا المثال الأخير غريباً على سمعه . وفي وجه الناقدين المنهجين ، تكرر الدفاع عن الطب ، عدة مرات ، وكانت الغاية المطلوبة هي دائماً واحدة : تبيين ان الشفاء هو فن حقيقي وتقنية يمكن ان تعلم فتكون نتائجها صالحة . وهذا الموقف تفسره ظروف الحال . في اليونان في القرن الخامس حيث عرفت تقنيات متنوعة ازدهاراً مشرقاً ، يعني « التقني » تملك القدرة على التفوق في مجال ما ، اي امتلاك معرفة يتحكم بها العقل . وكان الأطباء يطالبون بحق بمثل هذه الصفة . ولكن قراءتهم تُظهر لنا ان هذه التسمية غير كافية . وانه يبدو لنا انه من الانصاف ابدال كلمة « فن » وكلمة « تقنية » بكلمة « علم »و«علمي» .

من ذلك ان كتاب « نظام الأمراض الحادة » ينتقد الطريقة المتبعة من قبل الأطباء مؤلفي « الأحكام الكنيدية » ، هذا الكتاب يثبت ان اعادة النظر في تأليفه قد تمت بعقلية تدل على مناهج في

الفكر اكثر تقنية . ونحن نشهد هنا ظاهرةً شديدة الدلالة : ان واقع الأشياء يسبق التعبير القولي عنها ، في حين كان المثال الحالي للعلم غير معروف بوضوح يومئذ إلا انه ايضاً لم يكن بالمهمول[1] ، وهو قد سبق وتجسد بشكل ممتاز في بعض المواقف الفكرية المحددة .

وعلى كل ، وتحت طائلة الوقوع في الغموض الخطير ، من المهم توضيح النقاط التي بها تتحقق الصفة العلمية . ان الطب في « كنيد » و« كوس » كان يستعين بتشريح تافه مملوء بالاخطاء ، وبفيزيولوجيا تحكمية عشوائية . من ذلك ان كل الأوصاف الاجمالية حول النظام الوريدي والشرياني غير صحيحة على الاطلاق ، فعند اشخاص يمارسون غالباً وباناقة عمليات حجّ العظام « ثقبها » ، لا يبدو ان « تقطيب » الجمجمة كان معروفاً تماماً . ودور القلب ، ودور الكبد ودور الدماغ كلها تقريباً مجهولة . واذا كان هناك بعد الملاحظات الصحيحة فانها وليدة الصدفة السعيدة اكثر مما هي بنت البحث المنهجي . وفي هذا المجال يبدو الفيلسوف الطبيعي مثل لقمان Alcméon من كروتونا Crotone متفوقاً على الاطباء الابقراطيين . وهناك استثناء يجب ذكره فيما خص كتاب « القلب » الذي يتضمن وصفات تشريحية رائعة (التمييز بين الأذينات والبطينات وبصورة خاصة دراسة خاصة عن الصمامات التاجية و« التريسكوبيدية » وايضاحات خصوصية بشأن القلب الأيسر) . ولكن هذا الكتاب لا ينتمي لا الى مدرسة « كنيد » ولا الى مدرسة « كوس » . لقد ادخل فيما بعد على المجموعة الابوقراطية . وقد بين بيدس Bidez وليبوك Leboucq العلاقات التي تربط الكتاب بمدرسة ايطاليا التي كانت بآن واحد فلسفية وفيزيولوجية وطبية .

ومن المحتمل جداً ان يكون هذا التقصير نتيجة الانغلاق والتقليد في التعليم الطبي . وبهذا الشأن كان موضوع البحث ، الموروث عن الماضي البعيد ، يتناول بصورة اساسية الجروح والأمراض ، والمظاهر الخاصة لتطورها ، والوسائل التي من شأنها التوجيه باتجاه موافق وملائم . وفي هذا المجال يظهر الجهد الشخصي في الملاحظة وفي التفكير . لقد كان هؤلاء الأطباء عياديين قبل كل شيء .

ويجب ان يحكم عليهم على هذا الأساس . ودون استبعاد دراسة الأعضاء والوظائف ، ورغم بعض التصاريح المناقضة (الطب القديم ، 22 ، « الأمكنة في الانسان » ، 2) ظلت هذه الدراسة ثانوية في نظرهم، إلا اذا كانت الممارسة الطبية تقتضيها بشكل مباشر (التواء المفاصل والخلع والكسر مثلاً) . وفي الحالات الأخرى ، كانت الأفكار الشائعة بشكل عام ، أو المظاهر الجارية المتتالية تكفيهم في اغلب الأحيان .

---

(1) تكلم افلاطون وارسطو بدون شك عن العلم ولكنهما وخاصة الأول (لان موقف ارسطو من العلم سوف يكون في النهاية مختلفاً نوعاً ما) اعطيا للعلم قيمة المعرفة المطلقة الخالصة من كل خطأ (الجمهورية ، 477 a - e) . وبحسب هذا الاسلوب في النظر لم تكن البحوث التجريبية حول الطبيعة ذات مكانة في العلم . وهذا المفهوم الدوغماتيكي سوف يكون أيضاً مفهوم قسم كبير من التراث العلمي في الحقبة الهلينستية (المشائية بصورة خاصة) . وقد استعمل كتاب مقتبس من المجموعة الابقراطية ، وعنوانه « الامكنة في الانسان » ، استعمل كلمة علم مرة واحدة حتى يقارن بين العلم والحظ . وفي هذا المقطع الوحيد كان للكلمة معنىً عام جداً . . . (مجموعة ابقراط 342,6) .

٧ ـ الاتجاه التجريبي : مدرسة « كنيد »

الدقة في الملاحظة والممارسة الطبيين : بدت مدرسة كنيد الأكثر شهرة والأقدم (وكتاباتها في معظمها سابقة على كتابات كوس) ، وهي بصورة خاصة تعرض أشكالاً من التجارب ومن الفكر اقل دقة ، واقرب من بعض النواحي الى المعرفة العامية ، ومع ذلك فان صفة بعض الملاحظات ، والجرأة في بعض العمليات تلفت الانتباه حالاً .

وقد اكتشف الأطباء ومارسوا الفحص السريري . والكتاب المسمى « الأمراض 2 » يؤكد على ذلك بصورة صريحة (مجموعة ابوقراط ، 7 ، 94) ويصرح المؤلف ، وهو يتكلم غن المرضى الذين يشكون من الاستسقاء في الرئة ، انه اذا طبقنا ، لمدة طويلة ، الاذن على الجانبين ، تستمع في الداخل كما لو كان الخل يغلي ، وفي هذا وسيلة لمعرفة ما اذا كان النزف مائياً بدلاً من ان يكون قيحياً ؛ وفي مقطع قريب من هذا يشير نفس الكاتب الى وجود ضجة اخرى ، ايضاً داخل الصدر ، ولكنها تشبه حفيف الجلد ، هذه الضجة تَحْدُثُ في المَرَضِ المسمى (الرئة الهابطة الى الجنب) والتي هي نوع من الجُناب . والتقلبات الابوقراطية التي ورد ذكرها في « الأمراض الداخلية » (المجموعة الابقراطية ، 7 ، 226 ، نص استعمله لاينك Laennec) وتقوم على هزّ المريض هزات خفيفة لمعرفة الجهة التي يوجد فيها نزّ قيحي . كل هذه الوقائع تدل على وجود ملاحظة دقيقة للغاية ، لم يعرف التراث الطبي اللاحق كيف يطورها ، ولا حتى كيف يحفظها ، لان تطبيق الفحص السريري ظل منسياً طيلة اكثر من الفي سنة .

الكثير من حالات التدخل تبدو رائعة ايضاً . فعندما يكون هناك خطر من زوال البصر دون اصابة في العين يصف ، كتاب « الإبصار » ، و« كتاب الأمراض 2 » الحجَّ اي ثقب الجمجمة . ورغم ان النص يفتقر الى التفصيلات ، فهو يؤكد على دور الدماغ في الأبصار ، ويشير الى ان العملية تنجح عادة ، مما يدل على قيمة التشخيص وعلى قيمة التقنية المستعملة . اما الجراحة الكليوية والجراحة الرئوية لتفريغ التجمعات القيحية والنز المائي فغالباً ما كانتا تطبقان . وفي حالة الرطوبة في الصدر ينصح كتاب (الأمراض الداخلية) باجراء جريء جداً وهو ثقب الأضلاع ، ثم يشرح المعالجة (وضع فتيلة من القماش الخشن في الثقب ثم ربط الجرح واجراء اخراج السائل يومياً وطيلة اثني عشر يوماً .

محاولات تفسير واستمرار في التجربة العملية : يجب الكلام ايضاً عن الدقة في التصنيفات المرضية والطبية التي لم يكتشف بعضها الا في وقت متأخر جداً : من ذلك التمييز بين التكلّس والنقطة (كتاب الأمراض) ، واكتشاف اكياس دودة التنيا hydatique في الرئة عند الانسان (كتاب الأمراض الداخلية) ، ثم الوصف الدقيق والصحيح للمراحل المتتالية في التهاب غدد العنق Scrofule (كتاب اللحوم) ، الخ . واخيراً في المرحلة الأخيرة من المدرسة الكنيدية (الخلق ، طبيعة الولد ، الأمراض VI) ، جرت عدة تجارب ، غالباً ما كانت دقيقة وذكية ، دلت على اهتمام اوسع بالفهم ، يتجاوز الآفاق العيادية البسيطة . والقصد منها تفسير كيفية تكوّن الجسم ، وحدوث الولادة ، وكيفية توازن

الأخلاط في الجسد . وهذه مسائل تتعلق بالبيولوجيا العامة . وفي كل مرة هناك تدابير تجريبية تُقترح للتدليل على الفكرة المُساقة . ودقة الإثبات تنقص مع ذلك ، إذ لا يؤتى ، في هذا المجال عادة ، إلا على مقارنات فجة (من ذلك تجربة الأوعية المتصلة والزعم الخاطىء بانها توضح وجود التوازن الحيوي بين الأخلاط الجسدية) . ولكن الاهتمام بايجاد نقاط ارتكاز محددة ، ثم التفكير سنداً لها والحكم بموجبها ، يبدو رغم كل شيء امراً ملحوظاً . يدل على ذلك الملاحظات المجراة حول بيض الدجاج : يأخذ الطبيب عشرين بيضة ويضعها بحضانة عدة دجاجات بذات الوقت . وفي كل يوم كان يضحي ببيضة حتى يتأكد من حالة تطور النطفة ، ولاحظ ان هذه النطفة كانت محاطة باغشية تشبه اغشية الجنين ، وان الولادة تحدث عندما يصبح الكائن قوياً بحيث يستطيع تمزيق هذه الوشائج (طبيعة الولد ، في مجموعة ابقراط ، 530 - 7) .

واختلاف مظاهر البحث الكنيدي ، واكثر من ذلك ايضاً ، نوعية العديد من النتائج الحاصلة ، كل ذلك يبدو بيناً ظاهراً . وعلى كل في هذه الأسرة الطبية كانت هناك نواقص خطيرة . واوصاف الأمراض تبدو في اغلب الأحيان أخّاذة ، موسومة بتفصيلات معبرة لا تُنسى : في بعض حالات السُل الرئوي يذكر ان المريض تخرج منه اصوات صفير كما لو كان يتكلم عبر انبوب من قصب (الأمراض الداخلية) . وفي الحمى المسماة بالمميتة ، يشار الى وضع العينين الغريب ، حيث تبدوان كأنما لا تجدان مكاناً لهما في المحجر (كتاب الأمراض 2) . وفي مرة اخرى (يتعلق الامر بانتفاخ في الرئتين يصعب تحديده) ويلاحظ ان المريض يفتح خياشيمه مثل الحصان الذي يركض ويمد لسانه كالكلب الذي يلهث من شدة الحرارة القوية في الصيف (الأمراض الداخلية) . ولكن من هذه الأوصاف ، العالية بالوانها ، لا يستخرج المؤلفون فكرة طبية حقيقية ، بل يكتفون بالإكثار ، داخل نفس النوع (سل رئوي - يرقان - كزاز - أمراض الصفراء - أمراض المثانة) من الأنواع الخاصة بالأمراض . وهذه الأمراض قلما تتميز إلا بصفات خارجية ، الى حد ان دراسة المجموع تضيع اخيراً في التقسيمات التفصيلية بدون دلالة كبرى : إذ هناك ثلاثة اشكال من السُل الرئوي واربعة من اليرقان ، وثلاثة من الكزاز ، وأربعة من الاحتقانات Strangurie ، وسبعة من أمراض الصفراء ، وإثنا عشر شكلاً من أمراض المثانة ، الخ[1] .

صفات المداواة : هناك خصوصية تميزت بها المدرسة الكنيدية هي تعدد الصيغ المستعملة لتشكيل الأدوية ، وكذلك لتنويع الاستحضارات تنويعاً كبيراً جدا ، هذه الاستحضارات التي تستعمل من اجل التشخيص العملي (القول مثلاً ما إذا كانت المرأة تستطيع الانجاب). وليس لأن هناك غنىً كبيراً في الأدوية بل لأن هذه الأدوية تتنوع كثيراً داخل حدود ضيقة نوعاًما . وهناك كتب كثيرة

(1) ووجود العديد من الاقسام عند الكنيديين تتعلق بنفس المرض ، اشار اليه « غاليان » الذي اعطى بذات الوقت لمختلف الحالات رقماً دقيقاً (شرح حول النظام في الامراض الحادة ، طبعة كهن Kûhn 15, 427-428) . اما « الامراض الداخلية » ، « والامراض (2) » فلا تدل فقط على هذه الاقسام ، ولكنها تعرض بسرعة كل نمط من انماط المرض ، ونلاحظ بالتالي ان الفصل بينها يبقى ، كقاعدة عامة خارجياً خالصاً . وقد اضيفت مجموعات تكميلية ، كوِّنت بنفس العقلية : (ثلاثة كبدية ، خمسة في امراض الطحال ، وخمسة انواع في التيفوس) .

تكشف عن هذا التوسيع المضلل للفكر : والقسم الأخير من كتاب « الأمراض 3 » يقدم حوالى 50 صيغة من المشروبات المنعشة تُعْطَى في الحمّيات . ولكن كلاً من الكتب الأربعة حول الأمراض النسائية ينتهي بآلاف من الصيغ والوصفات التي تتتالى عبر العشرات من الصفحات .

ورغم هذا فالأدوية المقترحة تجمع حول عدد صغير من الأنماط . فهناك المُنَشِّقَاتُ ، وهي مواد تدخل في الأنف وتركيبها متنوع بحسب الحالات (عصير البقدونس) (Persil) وزهر النحاس والصَّبر (مُرّ مكّاوي) وكُرَّاث مسحوق . . . الخ) . راجع الأمراض 2) . وتستعمل هذه في الاصابات الأكثر تنوعاً ، من الاضطرابات الدماغية الى الحمّيات والسل الرئوي . . . الخ . وهناك في اغلب الأحيان ايضاً مقيئات ، ومسهلات ذات اشكال لا تحصى ، وهناك شرابات محضرة بشكل غريب . من ذلك انه لإحداث مفعول منظم في المرأة بعد الولادة ، تأخذ خمسة من الذباب الهندي تُنزَعُ منها اجنحتها وارجلها ورأسها ، وتوضع في الخمر المكسور بالماء مع خمس عشرة من بويضات السبِّيدج (Seiche) وبعض النباتات المسحوقة . وتشرب المرأة هذا المزيج . (طبيعة المرأة في مجموعة « ابقراط » VII ، 346) والنوع الأخير من الأدوية المتكرر ايضاً ، والبسيط ايضاً بحكم طبيعة المواد التي يمكن ان تدخل في تركيبه ، يقوم على التبخير ، أو التكميد أو الزرق . وكلها ضمادات محضرة بحسب الصيغ الأكثر تنوعاً ، والتي تثبِّط الهمم في الغالب لكثرة تعقيدها وتعددها ، وتفوق كل جهد تذكري .

والواقع انه توجد هنا كتلة من المعارف تكونت لا بفعل الملاحظة الشخصية والمباشرة ، بل هي تقدمة سلسلة طويلة من الأجيال . فكل التجربات الناجحة الى حد ما اخذت ، سواء كان النجاح ناتجاً عن سبب طبي أو عن مصادفة سعيدة . ونجد انفسنا امام معرفة قريبة جداً من الواقعية العملية . ان الطبيب يتلمس في اغلب الاحيان ويستعمل هذا الدواء بدلاً من ذاك . « أعطِ وجرّب » . انه تعبير يتردد عدة مرات بشكل او بآخر . وهذا التعبير يدل على ان الطبيب يحبس ويسبر اول الامر . واستعمال هذا التعبير يبرره وجوب محاولة عمل شيء ما من اجل نجدة المريض . ويمكن هنا القول حقاً عن مرحلة سابقة على العلم ان اطباء كنيد Cnide لم يحاولوا ، او لم يشعروا بالحاجة الى تجاوز هذه المرحلة . إنهم رجال تجربة ، لم يتوصلوا الى السيطرة على تعددية الاحداث . واذا كانوا قد مهدوا السبل امام العلم فانهم ليسوا ممثليه الرسميين . وحتى محاولات التفسير التجريبية الواردة في بعض الكتب المنسوبة الى « كنيد » ، لم تتوصل الى اية نتيجة ايجابية ، مهما كانت فائدة هذه المحاولات بذاتها .

هذا القصور يعود الى عدم الربط الحقيقي بين الفكر والتجربة : وعندما يصبح الطبيب الكنّيدي منظراً فان فكره يسرح ، ويبقى عملياً تجريبياً على صعيد التجربة . والتفسيرات السببية ،وان كانت موجزة ، فانها تبدو كثيرة في كتاب « الاصابات الداخلية » ، « والامراض » .وهي تفسيرات تتسم بالعفوية المطلقة . من ذلك ومن اجل تفسير نشأة الالتهابات الثلاثة بالسل الرئوي ، يستعين الطبيب بالنسبة الى واحدة منها ، بالتهاب الغشاوة phlegme في الدماغ ونزوله الى الرئتين . وبالنسبة الى الثانية

ينسبها الى التعب والارهاق ، وينسب الثالثة الى دخول الدم والصفراء في الحبل الشوكي (المجموعة الابقراطية VII ،188-192) .

هذه التجريبية العميقة ، سوف تظهر حتى في العمليات الناشطة الجارية على المرضى . لقد رأينا ان هذه العمليات كانت رائعة وجريئة في اغلب الاحيان . ولكن قد يحدث ايضاً ان تكون الوسائل المستعملة عنيفة وفجة وواقعية . في بعض الحالات ، مثل الاصابة الدماغية ، وامراض الروماتيزم كان الكنيديون يستعملون السِكْرَ كوسيلةٍ معالجةٍ وهم يأمرون في العديد من الحالات (ذات الجنب pleurésie ، السل الرئوي phtisie ، الامراض الرئوية المختلفة) بما يسمى النفث في الرئة اي ادخال مواد مهيِّجة من شأنها ان تعطي ردات فعل عنيفة من السعال ، داخل الزلعوم (لا داخل القصبة الهوائية كما كان يظن هؤلاء الأطباء) . ولإنجاح العملية كان على الطبيب ان يسحب لسان المريض كما يقول « غاليان » في رسالته « الملّة الأفضل » . وعلى كل حال تتسم العملية بالقسوة والعنف . وقد كانت من التقليد وترتبط بعادات قديمة . والاسلوب في اقتلاع الزوائد من الانف بواسطة خيط او عودة او رجل غزالة ، او تنظيف البلعوم في حالة انتفاخ اللوزتين بعود من الآس (ريحان = myrte) المثني الذي يستعمل كقضيب ويخاط بقطعة من الصوف . كلها تشكل . وخاصة الأسلوب الاول ، معالجة عقلانية مقبولة . ولكن بساطة وقسوة الوسائل ، وانعدام اي فحص انتقادي يتعلق باستعمالها ، كل ذلك بارز أيضاً .

VI ـ الاتجاه العقلاني : مدرسة كوس

الملاحظة الصحيحة : ان سمة الطب في « كوس » مختلفة تماماً . في مدرسة « كنيد » يبرز وزن تراث مقبول بما يشبه التسليم ومثقل باضافات متنوعة وتافهة . فهؤلاء الرجال رغم اتِّصافهم بجودة الملاحظة وبالممارسة ، ظلوا دائماً عند مدخل العلم ، إلاّ ان الطب في مدرسة كوس ، المتصل هو ايضاً بماضٍ طويل في الملاحظات ، بلغ مع ذلك مستوىً اعلى بكثير ، في المواقف المتخذة بشكل معتاد . فهذه المدرسة المعادية بشدة لكل افكار غريبة ، والحريصة على حسن معرفة الوقائع (ان اوصاف المرض تكثر فيها) ، تطرح بذات الوقت كمبدأ اساسي ، يتوجب تطبيقه ، العقل في كل اقسام الفن الطبي [1] . ونشهد هنا تقدماً حقاً في التجربة . فالتجربة كانت بدون شك مستخدمة منذ زمنٍ بعيد . وقد رأينا ان صفة الملاحظة هي قسم من التراث اليوناني . ولكن النوع العقلاني من الملاحظة واجراءها ، لم يكن قد اكتشف بعد ، كما انه لم يطبَّق بشكل جماعي من قبل رجال تدفعهم فكرة واحدة .

وأول شيء بالنسبة الى الطبيب ، في مواجهة المريض هو النظر في الأشياء ألتي يمكن رؤيتها ولمسها والاستماع اليها : كل ما هو ممسوك بواسطة السمع واللمس والرؤية والشم والذوق والفكر . وكل ما يمكن التوصل الى معرفته بكل الوسائل المتاحة . بهذا صرّح مؤلف « عيادة الطبيب »

(1) العبارة وجدت بشكل خاص في كتاب « نظام الأمراض الحادة » .(مجموعة ابقراط II ، 230) . ونجدها ايضاً في « جراح الرأس » ، وفي كتاب « التشخيص وفي كتاب « الاوبئة » .

(مجموعة « ابقراط » ، II ، 272) ؛ والكتاب السادس من « الأوبئة » ، والذي هو حتماً من وضع يدٍ مختلفة ، يورد بعبارة شبه مماثلة نفس التأكيد . وما يلفت النظر في هذين النصين ، ليس فقط ضخامة الاستقصاء ، إذ كل الحواس تدخل وتتعاون ، بل اكثر من ذلك اضافة نشاط الفكر الى الملاحظة الحسية . وسنداً لبنية الجملة ، تبدو الفكرة في الحال كوسيلة عادية لمعرفة الوقائع المحددة . ان الفكر هو جزء لا يتجزأ من التجربة وليس شيئاً مضافاً اليها ، وهذه النقطة ستتوضح في الحال .

دور الحواس : نبدأ بتحديد دور الحس . رغم انه من التافه ، خاصة بالنسبة الى الطبيب ، القولُ بان كل شيء يبدأ باللمس ، نجد انفسنا هنا امام احترام خاص للشيء المعطى . بل ان اللمس يحتل المرتبة الأولى . والكنيديون مهما كانوا واقعيين ، اشاروا اولاً في كتبهم الى فئات الأمراض : ان التصنيف كان موجوداً . وليس من هذا شيء في كتب مدرسة كوس . والعديد كانوا يضعون قبل كل شيء تقريراً مباشراً بالملاحظات الشخصية (مختلف كتب « الأوبئة ») : كان المرضى يسمون بأسمائهم وباماكنهم ؛ والفصل الذي كانوا يتعبون فيه غالباً ما كان يذكر ايضاً . ولا يوجد توزيع لفئات الأمراض . اننا داخلون في صميم الواقع العملي . والكتب ذات المدلول العام مثل كتاب « التشخيص » وكتاب « الآراء والأحكام » نجد لها مصدراً في هذه التجربة الأولى ، ومن السهل العثور على الحالات المحددة ، او على حالات اخرى مماثلة اوحت بها . ولا يوجد اي طب ارتبط بالتجربة المباشرة والحية بمثل هذا الشكل الظاهر .

مثل هذه الملاحظة قد تبقى عامة ، وبالتالي تبدو في نهاية المطاف مريحة نوعاً ما . وتوخي الدقة الموجود دائماً يلعب دوراً اساسياً وشاقاً بآن واحد . والاحساس ، كما ورد في « الطب القديم » هو القياس الصحيح اللازم والذي يجب اللجوء اليه في الحالات المعقدة . وهو بالنسبة الى الطبيب مرشد دقيق لا يحل ايٍّ شيءٍ محلّه . وليست النظريات أو الحسابات الرياضية هي التي تحدد اللحظة الحاسمة التي يجب على الطبيب ان يتدخل عندها لكي يغير نظام الدواء او تخفيض رباط الكسر أو الفكش أو الأمر بمغطس أو عدمه . ان الدقة المطلوبة في الطب هي دقة نوعية ومتعددة ، هكذا ورد في النص اليوناني . وهذه الملاحظات ذات اهمية بالغة وهي دائماً صحيحة ولازمة . عند القدماء الذين كانوا يفتقرون الى المعدات ، كان الانتباه لدقائق المعرفة الحسية ضرورياً بشكل خاص عندما كان يراد الحصول على معلومات دقيقة عن حالة الجسم . ولكن للقيام بهذه المهمة يقتضي الاحساس تدريباً خاصاً كان المبتدىءُ يتلقاه بمرافقة الطبيب المجرب ، مع عدم الغاء كل مخاطر الخطأ ، لأنه من الخير الكثير ان لا نغلط الا قليلاً . هكذا ورد بتواضع في كتاب « الطب القديم » .

وهكذا يضعنا الاحساس على اتصال بالعديد من المرضى ويعلمنا بشكل خاص ، لا يعوض ، حول العلامات المميزة ، واللحظات الحاسمة في المرض . وحتى في هذه الوظيفة الأخرى لا ينفصل الاحساس في منظور مدرسة « كوس » عن استعمال العقل بشكل رفيع . وهنا تبدو المقارنة مع الكنيديين منيرة . لقد لاحظ هؤلاء الأطباء العديد من التفصيلات الخاصة . ولكن هذه الملاحظات عندهم لا تؤدي عموماً إلا إلى تصنيفات عفوية لأن التفصيل البارز كان مطلوباً لذاته وهنا [اي في

مدرسة كوس] ، بالعكس لا يتعلق الأمر بوصف فضولي بل بمعرفة حدث تصعب مشاهدته عادة ، ولا يأخذ معناه ، الا بالنسبة الى علاقة بالفكر الطبي الناشىء بدوره عن التجربة بالذات .

دور التفكير : في الكتابات الابقراطية ، من المطلوب بهذا الشأن ، عدا عن حسن الملاحظة ، حسن التفكير بالوقائع . والأفعال المستعملة باليونانية كثيرة بهذا الخصوص . ان التنوع وبصورة خاصة اختيار الكلمات يدل على ان الامر لا يتعلق بنظام جامد ، لحظاته ممكنة التحديد تقنياً ، بل بموقفٍ مرنٍ وحيٍّ بصورة اساسية ، انه تمرين حقيقي للعقل وهو يحاول ان ينفذ الى المعطيات المحددة . ومعالجة المفاصل والكسور تعطينا بعض الامثلة : هناك حالة بسيطة هي حالة الربط أو التضميد . بعد تسوية الكسر او الفكش ، يطبق القسم الرئيسي في الرباط على المكان الذي فيه يوجد كسر العظم ثم يلف الرباط بحيث يشعر المريض بأن طرفه مستقيم دون ان يشعر بأنه مضغوط كثيراً . وفي اليوم التالي يجب ان يزداد الشعور بالضغط قليلاً .

اما في اليوم الذي يلي ايضاً فيجب ان يخف . وهذه اشارة الى وجوب اعادة الربط . وهكذا يُنَظِّمُ الانتباه الدقيق لمشاعر المريض نشاطَ الجراح المرتبط بفهمه لواقع الجسد . وهذا الفهم له فائدة قصوى ، بهذا يصرح كاتب كتاب « الكسور » ، اذ يجب فهم معنى الحركات المنفذة : في الحالة الراهنة يتوجب بآن واحد ان تحفظ اقسام العظم مستقيمة بقوة في وضعها الطبيعي لكي تلتحم وحتى يمكن للرطوبة ان تتجول بحرية تجنباً لكل خطر احتقاني أو غرغريني . وهذا الوعي للحركات مهم جداً حتى انه يطلب من المساعدين العاديين ، الذين يجب ان لا يكونوا عنيفين أو جهلاء . عند انحراف العامود الفقري مثلاً يجب التصرف ، لا بحكم المعتاد ولا بشكل عفوي ، بل يجب البدء بتحديد مكان وطبيعة الألم : إن نفور الفقرات قد يحدث الى الوراء (وهذا في اغلب الأحيان) أو الى الأمام . هل هو نتيجة سقوط او حادث أو هو نتيجة حمل ، أو نتيجة شيخوخة؟ ان المعالجة تكون احياناً مستحيلة وهي في جميع الأحوال تختلف باختلاف الظروف . واللجوء الى الآلات هو في اغلب الأحيان ضروري . ويصف مؤلفو كتاب « الكسور » و « المفاصل » العديد منها بالتفصيل ، مع اهتمامهم دائماً بفهم اوالية mécanisme الجهاز ، وتكييفه مع احتياجات المريض الدقيقة . ولا نجد هنا كما هو الحال في الكتب الكنيدية تعداداً طويلاً للأمراض . ان الاختيار يتم بشكل دقيق باسم متطلبات الفن ، وسنداً لسبب ينطبق على التجربة .

هذا الاتحاد [بين التجربة والفكر] يبرز باشكال اخرى ملحوظة نكتفي بالاشارة اليها عابرين . من ذلك ان التشخيص الابقراطي ليس التوقع الآلي لبعض الأحداث ، بعد احداث اخرى ، بل هو فكر معقد مرتبط بمصير المرض ويأخذ في الاعتبار عدداً كبيراً من الاشارات المختلفة والمتغيرة .

وكذلك ادارة المعالجة في مرض حاد . انه لا يقوم على تطبيق اوتومانيكي لقواعد جامدة (الالزام بالحِمْية أو عدمها ، أو اعطاء تغذية قوية بعد عدد محدد من الأيام) . المهم بالنسبة الى الطبيب هو التمشي الذكي والمرن لطبابته مع بعض المبادىء الناتجة عن تفكير طويل مبني على الملاحظة مثل هذه : إحرص على ان تبقى قِوى المريض كافية لمجابهة الألم . ان النظام الطعامي ، الموجه بحسب هذا المنظور

الأساسي يجب ان يحسب حساباً للكثير من الظروف الخاصة . من ذلك ان فكر الطبيب ، المرتبط بتجربة متحركة ، وان بدا ثابتاً بالنسبة الى هذه المبادىء ، فانه لا يمكن ان يطمئن الى راحة كسولة . وهنا يظهر الفن الطبي ، في حقيقته ، فناً يتطلب موقفاً ايجابياً ودقيقاً ، دون ان يتوافق ، مع ذلك وبصورة دائمة مع قواعد يقين علمي خالص .

اتساع الملاحظة : ولتقييم هذا الموقف المزدوج من الانتباه الدقيق للوقائع وللفكر الصارم تجاهها ، يتوجب معرفة ضخامة نظرة الطبيب في مدرسة كوس Cos . ان متطلبات حقله توجب عليه الفضول ، فضولاً شاملاً ، لا من الناحية البيولوجية فقط ، بل ايضاً من الناحية السيكولوجية والجغرافيةوالسوسيولوجيةبل وحتى الفلكية . هذا مثلاً مقطع مقتطف من كتاب « الأوبئة I » ، وهو كتاب تقريري عن التجارب : « في ما خصَّ الأمراض هكذا نميزها . ترتكز معرفتنا على الطبيعة البشرية الشاملة وعلى الطبيعة الخاصة بكل شخص ؛ حول المرض والمريض والمستحضرات ، وحول من يعطيها وما يمكن ان يُستخلص منها من نفع او ضرر ، وحول التركيب العام للجو ، والتركيبات الخاصة بحسب اختلاف الجو والمكان ؛ وحول العادات ونظام الحياة والاهتمامات ، وعمر كل فرد ؛ وحول الأقوال والعادات والصمت والأفكار والنوم والسهر والدموع ؛ وحول النوبات ، والخروج والبول والبصاق ، والاستفراغات ، وحول طبيعة الأمراض التي تتتالى بعضها وراء بعض ، وحول الترسّبات المعلنة للانهيار او للأزمة ؛ وحول العرق والبرودة والرجفة والسعال والعطس والحزّوقة ، والجشأ ، والغازات الصامتة والضاجة والنّزف ، والبواسير . هذه المعطيات وما يمكن ان تعطيه من معطيات ، هو ما يجب فحصه بعناية » . (مجموعة « ابقراط » ، 668 ، 670) .

هذا المقطع لا يذكر المنظور السوسيولوجي . ولكن هذا المنظور مذكور في كتاب « الرياح » ، و « المياه » ، و « الأمكنة » الذي يؤكد ، سنداً لملاحظات وردت حول سلوك شعوب اوروبا وآسيا الصغرى ، ان مزاج مجموعة من الناس تتأثر بالكيان السياسي الليبرالي أو المستبد ، والذي يخضع له هؤلاء الناس . وفي نفس الكتاب نجد ملاحظات مهمة حول تأثير العادات وانماط العيش على الجسد .

ظهور الفكر العلمي : نفهم الآن كيف ان الطب المحكوم بهذه العقلية يمكن ان يمتلك قيمة علمية وكيف يمكن ان يتوصل ، بفضل اتساع آفاقه الى حكمة ذات مرتبة عالية . ان الاكتشافات الايجابية بالمعنى الدقيق للكلمة ، والتي قام بها اطباء كوس ليست سهلة التوضيح لأن هؤلاء الأطباء كانوا عياديين بصورة اساسية ، ومجال المرض متحرك ويصعب تحديده بشكل مطلق . وبالعكس ان نوعية الفكر العلمي المتجلّي من هذه النصوص رائعة وتستجلب الاعجاب . هذه الصفة تبرز بمناسبة اقرار الوقائع . نأخذ مثلاً مأخوذاً من كتاب « المفاصل » ويتكلم عن فكش عظم العضُد humérus . يصرح الطبيب انه شخصياً لاحظ وجود خلع واحد ، وهو الخلع الذي يحدث تحت الابط . الكثيرون يقولون بوجود خلع في العظم الى الامام . ولكن في كل الحالات المعروضة ؛ هناك مظهر لخروج العظم عن مكانه بنتيجة الضمور أو توقف النمو في اللحم . وعلى كل حال ان هذه الملاحظة لا تقتضي ان هذا الخلع غير موجود : « انني لم اره حتى الآن ، هكذا يصرح المؤلف ، ولكني لا استطيع التأكيد

بصورة مطلقة اذا كان هذا الخلع ممكناً او غير ممكن (مجموعة ابقراط ، IV ، 80) .

وفي نفس الكتاب وبمناسبة الإحديداب يشير المؤلف الى النقص في الاسلوب الذي اعتمده بنفسه ، النفخ في قربة وضعت تحت المريض ، واضاف : « لقد تكلمت قاصداً عن هذه التجربة لأنه من المفيد جداً ان نعرف ماهية التجارب التي لم تفد ، وما هي الأسباب التي تفسر هذا الفشل » (نفس المرجع ص 212) .

نجد هنا ليس فقط الرغبة في الخضوع للوقائع ، بل الفكر النقاد المتمرن بذاته على ذاته حتى يتزود ضد اسباب الغلط . هذا الاستعداد ، النادر في العصور القديمة ، يستحق الذكر . وهو سوف يؤدي باطباء « كوس » الى موقف من التواضع الدائم . انهم امام فكرة عظمة الفن بصورة دائمة ، كما انهم يعون تعقيدات وغموض التجربة ، وصعوبة الحكم القويم . انهم يرفضون بسبب هذا كل ما هو من قبيل التظاهر ، أي البحث العقيم عن الظهور وعن الضوضاء . انها حكمة قاعدة مستقرة تماماً عندهم وهي انه للوصول الى غاية طبية ، يجب اختيار وتفضيل الوسائل الأكثر بساطة والأكثر سرية ، ان الطبيب هو قبل كل شيء خادم الفن (ونقول نحن خادم العلم والفن) وشعاره الأول المملوء بالبساطة هو التالي : ان يكون نافعاً ؛ أو على الأقل ألَّا يَضُرَّ .

ويجمع الفكر العلمي الى الاهتمام بالمعرفة الدقيقة بالوقائع وبمقتضيات الدقة العقلية ؛ وحول هذه النقطة تقدم مدرسة « كوس » شهادة عظيمة . انها ترفض لنفسها النظريات الكبرى المأخوذة من الخارج اي من الفلسفة المجاورة . ولا نجد فيها ابداً التفسيرات السببية ، عن حركات الصفراء والبلغم اللذين يخرجان فجأة وبصورة عفوية ، كما هو الحال عند اطباء « كنيد » . والابقراطيون وهم اكثر موضوعية ، وارتباطاً بالعيادة ، وضعوا جملة من المفاهيم مكنتهم ان يفهموا بصورة افضل ، ليس اصل الأمراض بل مجاريها : انها مفاهيم يوم المرض ، والأزمة والهضم والرسوبات وتغير مواضع المرض وبلوغه الذروة ومعاودته . وهناك ملاحظتان لا بد منهما في موضوع هذه النظرية : الأولى هي ان الأطباء لا يعطون لمفاهيمهم قيمة مطلقة . انهم يرونها كوسيلة لتفسير الوقائع ، وسيلة لا يمكن ان تصل ، حتى في نظرهم الى تغطية التجربة بشكل كامل . والثانية لا تقل اهمية عن الأولى : ان النظرية الابقراطية حول المرض ، وبعد اكثر من الفي سنة ، تحتفظ باهمية ليست تاريخية فقط بل حالية . فإذا كان من المؤكد انها لا تعبر عن كل الحقيقة الطبية ، فهي تجذب الانتباه الى افكار ما تزال صحيحة جزئياً . انها تستخدم لتفسير بعض الوقائع بشكل مقبول . والمقارنة مع النظريات الأخرى التي سادت في هذا المجال ، تبدو ذات ايحاء خاص : فكل هذه الأنظمة الماضية تبدو الآن كغرائب في الفكر البشري . وأي منها لا يمكن ان يعطي ما تعطيه التجربة الحالية من خير ومن خصب دائم .

عظمة الطب الكلاسيكي : « ابقراط » : وهكذا يظهر لنا الطب اليوناني في العصر الكلاسيكي ، وبصورة تدريجية ، بعظمته الحقيقية . وحتى معناه الفلسفي ايضاً ضخم . فهؤلاء الأطباء الذين رفضوا البحث النظري ، استمدوا من الواقع البسيط ومن ممارسة فنهم حساً مدهشاً للحياة وللانسان . كانوا يعرفون ان الجسم هو كلٌّ معقدٌ وواحدٌ ، وان الحكمة الحقيقية تقوم على مساعدة النشاط الطبيعي وحفزه . وكانوا مقتنعين ان المرء لا يكون طبيباً حقاً إلا اذا التفت بانتباه الى

الحياة السيكولوجية عند المريض . وفي تاريخ الفكر اليوناني كانوا اول من تكلم عن الوعي وعن المعنى او الحس الداخلي . ولم يَفْصِلوا الرجل الكامل ، جسداً وفكراً عن الوسط الطبيعي وعن الوسط الاجتماعي الذي يعيش فيه . وبالتالي كان الطب في نظرهم يقتضي معرفة شاملة . وهذه المعرفة اصبحت شكلاً عالياً من الثقافة .

وفي الأزمنة اللاحقة ، جَسَّدَ اسمُ هذا المثالَ الطبيَّ البهيَّ ، هذا الاسم هو اسم ابقراط . نحن لم نقل شيئاً خاصاً عن هذا الرجل العظيم ، لا لأننا نشك بوجوده أو باهمية دوره . ولكن في المنظور الموجز ، حيث وضعنا انفسنا ، والذي نعتقد انه صحيح تاريخياً ، ان المدرسة هي الأهم اولاً . من المحتمل جداً مع ذلك ان فخامة تقدم الطب الوضعي القديم من الأيام الهوميرية وما بعدها ، لم تكن لتتحقق لولا فعل رجل موهوب بعبقرية استثنائية كان بآن واحد طبيباً ممارساً ناجحاً وعالماً من المرتبة العالية ، ذا فكر ابداعي قوي . كان هذا الرجل معاصراً « لافلاطون » الذي تكلم عنه في عدة مناسبات (فيدر Phèdre. ، بروتاغوراس Protagoras) ، وكان وثيق الارتباط بعصره . هذا الرجل حامت الأساطير حول شخصه ، فزادت في عدد الكتب ، واكثرت من الوصفات الطبية المدهشة . ولكن الذي حدث ايضاً هو ان تكون الدراسة الموضوعية للكتب الكبرى في « المجموعة الابقراطية » ، بدلاً من ان تخفف من اعجابنا فانها تزيده وتقويه ، بحيث نتمكن من ان نقدر بصورة ادق دور هذا الطبيب العجيب ، الذي لم يسيطر فقط على ميدانه الخاص ، بل انه منتمٍ الى التاريخ الكوني الشامل .

مراجع مجمل الكتاب الاول

العلم الهليني

كتب عامة حول مجمل العلم الاغريقي والروماني .

P. Brunet et A. Mieli, *Histoire des Sciences. Antiquité*, Paris, 1935. — M. Cohen et I. E. Drabkin, *Source book in Greek science*, New York, 1948. — F. Enriques et G. de Santillana, *Storia del pensiero scientifico. I : Il mondo antico*, Bologne, 1932. — J. L. Heiberg, *Mathematics and physical science in classical antiquity*, Oxford, 1922. — A. Mieli, *Panorama general de historia de la ciencia. I : El mundo antiguo*, Buenos-Aires, 1945. — Pauly-Wissowa, *Real-Encyclopädie der klassischen Altertumswissenschaft*, Stuttgart, 1894 sqq. — A. Rey, *La science dans l'Antiquité*, t. II-V, Paris, 1933-1948. — A. Reymond, *Histoire des sciences exactes et naturelles dans l'Antiquité gréco-romaine*, Paris, 1924 (2e éd., 1955). — F. Russo, *Histoire des sciences et des techniques. Bibliographie*, Paris, 1954-1955. — G. Sarton, *Introduction to the History of Science*, 3 vol. en 5 tomes, Baltimore, 1927-1948. — P. Tannery, *Mémoires scientifiques*, 17 vol., Paris, 1912-1950.

حول العلم الهلّيني

I ـ حول علم الكون والفيزياء

E. Bignone, *Empédocle*, Turin, 1916. — J. Burnet, *Early greek philosophy*, Londres, 1948. — H. Diels, *Doxographi graeci*, Berlin, 1879 ; *Editio iterata*, Berlin, 1929 ; *Die Fragmente der Vorsokratiker*, Berlin, 1903, ..., 1951, 1960. — P. Duhem, *Le système du monde. Histoire des doctrines cosmologiques de Platon à Copernic*, t. I, Paris, 1913. — K. Gaiser, *Platons ungeschriebene Lehre*, Stuttgart, 1963. — W. K. C. Guthrie, *A history of greek philosophy*, vol. I : *The earlier Presocratics and the Pythagoreans*, Cambridge, 1962. — Ch. Kahn, *Anaximander and the origins of greek cosmology*, New York, 1960. — G. S. Kirk, *Heraclitus, The cosmic fragments*, Cambridge, 1954. — A. Maddalena, *Ionici*, Florence, 1963. — A. Mansion, *Introduction à la physique aristotélicienne*, 2e éd., Louvain, 1946. — A. Mieli, Aristote savant, *Archeion*, vol. XIV, Rome, 1932. — Ch. Mugler, Les dimensions de l'univers platonicien d'après *Timée* 32 b (*Revue des Études Grecques*, janv.-juin 1953) ; *La physique de Platon*, Paris, 1960 ; *Homère et les origines de la science*, Paris, 1963. — L. Robin, *Aristote*, Paris, 1944 ; *Platon*, Paris, 1935. — G. Sarton, *A History of Science*, I, Cambridge, 1952. — P. Tannery, *Pour l'histoire de la science hellène, de Thalès à Empédocle*, Paris, 1887 (2e éd., Paris, 1930). — A. E. Taylor, *A commentary on Plato's Timaeus*, Oxford, 1928. — M. Untersteiner. *Senofane* (Xénophane), Florence, 1956. — J. Zafiropulo, *Diogène d'Apollonie*, Paris, 1956 ; *Vox Zenonis*, Paris, 1958.

حول العلوم الرياضية الخالصة والتطبيقية

O. Becker, *Das mathematische Denken der Antike*, Göttingen, 1957. — J.-B.-J. Delambre, *Histoire de l'astronomie ancienne*, Paris, 1817. — P. Dedron et J. Itard, *Mathématiques et mathématiciens*, Paris, 1959. — Sir Th. Heath, *A History of greek mathematics*, Oxford, 1921 ; *Mathematics in Aristotle*, Oxford, 1949. — A. Lejeune, *Euclide et Ptolémée*, Louvain, 1948. — P.-H. Michel, *De Pythagore à Euclide, Contribution à l'histoire des mathématiques préeuclidiennes*, Paris, 1950. — G. Milhaud, *Les philosophes géomètres de la Grèce*, 2e éd., Paris, 1934. — Ch. Mugler, *Platon et la recherche mathématique de son époque*, Strasbourg-Zurich, 1948 ; *Dictionnaire historique de la terminologie géométrique des*

Grecs, Paris, 1959 ; *Dictionnaire historique de la terminologie optique des Grecs*, Paris, 1964. — Ch. Ruelle, *Éléments harmoniques d'Aristoxène*, Paris, 1871. — G. Schiaparelli, *Le sfere omocentriche di Eudosso, di Callippo et di Aristotele*, Milan, 1875. — P. Tannery, *La géométrie grecque*, Paris, 1887. — B. L. Van der Waerden, *Die Astronomie der Pythagoreer*, Amsterdam, 1951 ; *Science awakening*, Groningen, 1954.

حول العلوم الاحيائية

P. Kucharski, Sur la théorie des couleurs et des saveurs dans le *De sensu* aristotélicien (*Revue des Études Grecques*, juillet-déc. 1954). — H. Lackerbacher, *Beiträge zur antiken Optik*, Wiener Studien, 1913. — J.-M. Le Blond, *Aristote philosophe de la vie*, Paris, 1945. — P. Louis, *Aristote, Histoire des animaux*, Introduction, Paris, 1964. — Ch. Mugler, Les théories de la vie et de la conscience chez Démocrite (*Revue de Philologie*, t. XXV, 1951). — C. Prantl, *Aristoteles über die Farben*, Münich, 1849. — G. Reiter, *Die griechischen Bezeichnungen der Farben Weiss, Grau und Braun*, Innsbruck, 1962. — G. Senn, *Die Entwicklung der biologischen Forschungsmethode in der Antike und ihre grundsätzliche Förderung durch Theophrast von Eresos*, Aarau, 1933. — Ch. Singer, *Histoire de la biologie*, Paris, 1934.

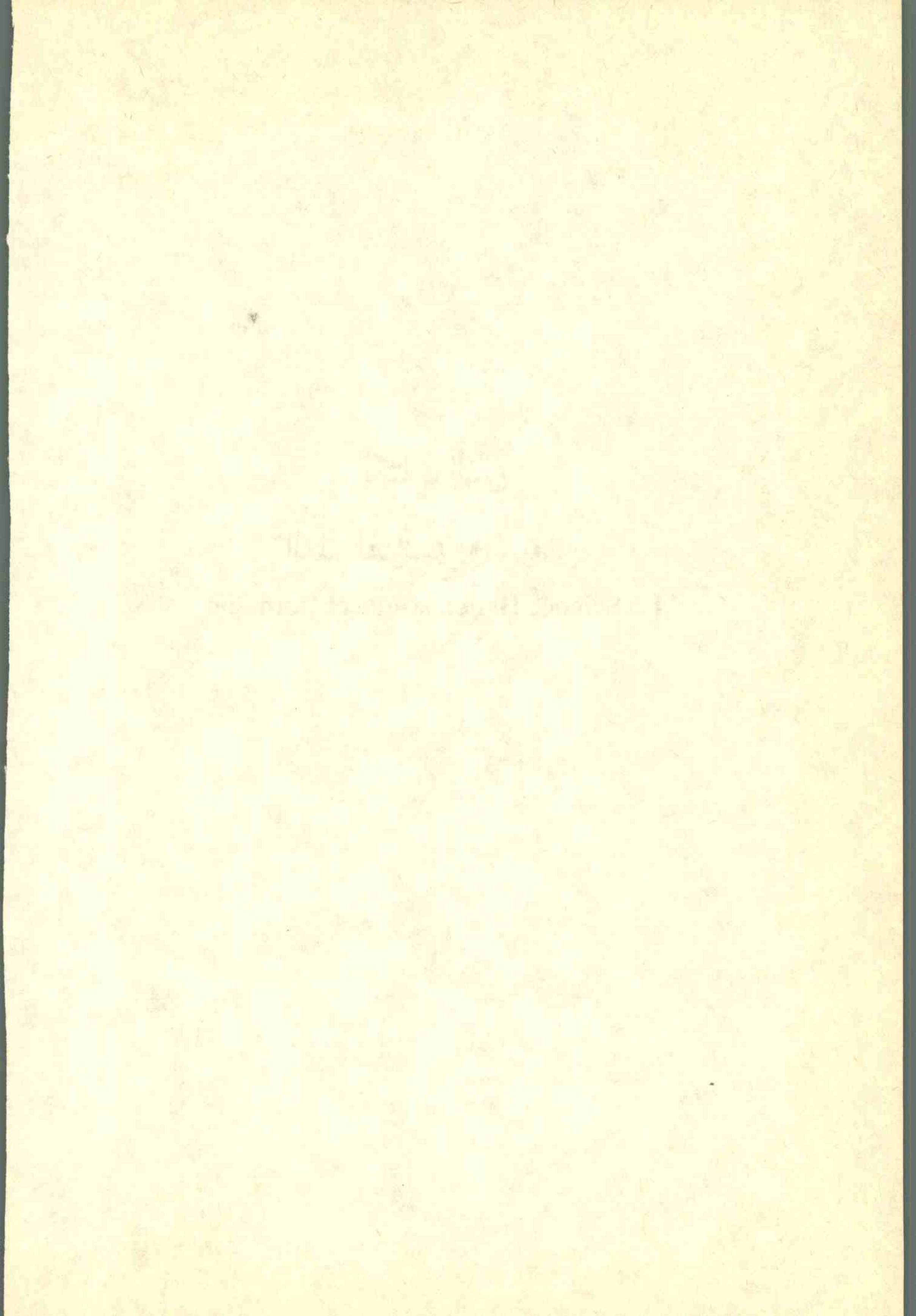
حول الطب

J. Bidez et G. Leboucq, Une anatomie antique du cœur humain, *Revue des Études grecques*, LVII, Paris, 1944. — L. Bourgey, *Observation et expérience chez les médecins de la Collection hippocratique*, Paris, 1953. — Ch. Daremberg, *La médecine dans Homère*, Paris, 1865. — A.-J. Festugière, *Hippocrate, l'Ancienne Médecine. Introduction, traduction et commentaire*, Paris, 1948. — J. Filliozat, *La doctrine classique de la médecine indienne, ses origines et ses parallèles grecs*, Paris, 1949 ; Pronostics médicaux akkadiens, grecs et indiens, *Journal asiatique*, Paris, 1952. — J. Guiart, La médecine grecque aux temps héroïques de Minos à Homère, *Biologie médicale*, XV, Paris, 1925 ; La médecine grecque n'est pas née dans les temples d'Esculape, *Biologie médicale*, XVII, Paris, 1927. — R. Herzog, Die Wunderheilungen von Epidauros, ein Beitrag zur Geschichte der Medizin und der Religion, *Philologus*, XXII (3), Leipzig, 1931. — W. Jæger, *Diokles von Karystos*, Berlin, 1938 ; *Paideia : the ideals of Greek Culture*, t. III, 1re éd., New York, 1945 (2e éd., 1947). — J. Ilberg, *Die Ärzteschule von Knidos*, Leipzig, 1925. — R. Joly, *Hippocrate, médecine grecque*, Paris, 1964 ; *Recherches sur le traité pseudo-hippocratique du Régime*, Paris, 1960. — W. H. S .Jones, *The medical writings of anonymus londiniensis*, Cambridge, 1947. — J. H. Kühn, *System- und Methodenprobleme im Corpus Hippocraticum*, Wiesbaden, 1956. — E. Littré, *Œuvres complètes d'Hippocrate*, 10 vol., Paris, 1839-1861. — M. Martiny, *Hippocrate et la médecine*, Paris, 1964. — E. Rohde, *Psyché*, trad. française par A. Reymond, Paris, 1928. — M. Sendrail, *Les sources akkadiennes de la pensée et de la méthode hippocratiques*, Toulouse, 1953. — P.-M. Schuhl, *Essai sur la formation de la pensée grecque*, Paris, 1934 (2e éd., 1949). — J. Schumacher, *Antike Medizin*, Berlin, 1963. — M. Wellmann, *Die Fragmente der Sikelischen Ärzte Akron, Philistion und des Diokles von Karystos*, Berlin, 1901.

الكتاب الثاني

العلم الهلينستي والروماني

La Science Hellenistique et Romaine



الفصل الاول
نظرة شاملة

انبثق العلم الهلينستي والروماني من الفكر العلمي اليوناني كما الثمرة تنبثق عن الزهرة، وامتدّ طيلة اكثر من ثمانية قرون قطعتها اضطرابات سياسية كان لها امتداد عميق في الحياة الفكرية عند شعوب البحر المتوسط. الا ان تاريخ العلوم، وبصورة اوضح من تاريخ الحضارة، ارتدى طيلة هذه الفترة الطويلة نوعاً من الوحدة جعلت اعتبارها ومعاملتها كحقبة متكاملة وحيدة، ليس امراً شرعياً فقط، بل امراً افضل من الناحية الموضوعية.

I — الوسط

بين موت الاسكندر (سنة 320 ق. م). وما تبعه سريعاً من تفكك في الامبراطورية، مع ما يسمى بداية الحقبة الهلينستية، ونهاية امبراطورية الغرب بصورة رسمية سنة 476، التاريخ الذي به تنتهي العصور القديمة، في هذه الفترة تغير وجه العالم المتوسطي عدة مرات: استقرار قواد الاسكندر «ديادوك» Les Diadoques في مصر وفي يونان اوروبا وفي آسيا الغربية في نهاية القرن الرابع، وخضوع البحر المتوسط الأوسط الى روما بعد ذلك بمئة سنة، اندماج كل الشرق الأدنى بالامبراطورية الرومانية اندماجاً انتهى سنة 31 ق. م. بنصر اوكتاف Octave على كليو باترا Cléopatre وبذات الوقت الاستيلاء. على اوروبا الغربية، واخيراً اكتساح وتحطيم الغرب بصورة تدريجية على يد البرابرة من القرن الثالث حتى القرن الخامس، وكما هو الحال دائماً اقترنت هذه الخضّات السياسية باضطرابات اقتصادية واجتماعية وثقافية خطيرة، ابرزها يختصر في ازدهار مدن الشرق في القرن الثالث والقرن الثاني ق. م. ثم النمو الضخم الذي عرفته روما Rome، كما عرفته بصورة اقل اوروبا الغربية وما تبع ذلك من تقهقر ابتداءً من القرن الثالث.

انجاز بطليموس الأول سوتر Ptolémée I Soter: ان النشاط العلمي، وهو يتلقى ردة الفعل لهذه الاحداث، ودون أن تتبّع مساراً منتظماً كمسار النهر الهادىء، ان هذا النشاط العلمي قد طُبع، طيلة هذه الحقبة، بسمات دائمة أمنت له الاستمرارية والتماسك. قبل كل شيء، ظلت المدينة التي انطلقت منها الحركة العلمية، حتى النهاية، المركز الرئيسي حيث كان العلماء يجدون نفس العقلية ونفس شروط العمل، المساعدين

على البحوث.

وكان أول اللاجيديين Les Lagides ، وهو « بطليموس سوتر » ، الذي اصبح «حاكماً على مصر بعد موت الاسكندر Alexandre ثم ملكاً على هذا البلد سنة 305 ، وجعل من الاسكندرية عاصمة للحضارة الهلينستية : فهو لم يكتفِ بتوسيع بناء المدينة الجديدة بل حاول ان يجذب اليها الشعراء والكتاب والفلاسفة والعلماء. واستدعى الى بلاطه فيمن استدعى شخصيتين مشهورتين في المدرسة المشائية : ديمتريوس الفاليري Démétrius de Phalère، وهو تلميذ قديم لتيوفراست Théophraste ،وكان مأخوذاً بالطموح السياسي ، وبعد ذلك استدعى ستراتون اللمبساكي Straton de Lampsaque ، الذي اصبح مربياً للامير ولي العهد بطليموس فيلادلفيا ، قبل ان يخلف تيوفراست Théophraste على رأس الليسيه Lycée . وقوّى تأثير دميتريوس Démétrius مَيْلَ بطليموس Ptolémée سوتر للعلم . وأدى اجتماع الفكر الأرسطي واريحيَّة وكرم اللاجيديين (البطالسة)، في الاسكندرية، وذلك بعد سنوات قليلة من تأسيس المدينة، الى تجمع جماعة من العلماء والى تأمين ظروف مادية للعمل ، امنا لها الأولوية في كل المجالات العلمية حتى نهاية العصر القديم. فمنذ ملكية اول البطالسة استقر في الاسكندرية هيروفيل Hérophile ، اكبر طبيب في ذلك العصر ، والفلكيان ارسطيلوس Aristyllus وتيمو شاريس Timocharis ثم الجيومتري الشهير اقليدس Euclide .

متحف الاسكندرية: من المقبول عموماً اليوم أن «بطليموس الأول» وبناءً على نصيحة ديمتريوس الفاليري Démértrius de Phalère، هو الذي وضع اساسات مؤسستين ثقافيتين اشتهرت بهما الاسكندرية : المتحف والمكتبة . وقبل ذلك بعدة سنوات ، وعندما كان ديمتريوس حاكماً على اثينا ، ساعد معلمه في الفلسفة « تيوفراست » ،على اقامة المدرسة المشائية وسط جنينة تحيط بها القناطر، في بناءٍ يتضمن قاعةً للمحاضرات، وغرفاً صغيرة لايواء الأساتذة والتلاميذ، وايضاً مكتبة ارسطو الغنية جداً، وسُمِّي هذا البناء المتحف (موزايوم)، تشرفاً بالموز Muses (أو إلهة الفنون)، إقتداءً بالفيثاغوريين.

وهُنْدِس متحفُ الاسكندرية ظاهرياً وفق نفس التصميم انما بشكل اوسع بكثير. وسنداً للجغرافي سترابون Strabon الذي زاره في اواخر القرن الأول ق . م . كان متحف الاسكندرية يضم منتزهاً ومجلساً وقاعة كبرى تقام فيها الوليمة الكبرى لعلماء اللغة المنتمين الى المتحف . وكان قد خُصِّص لهذه المؤسسة اموال اوقاف وكاهن يعنى بالمتحف (معين من قبل الملوك ثم فيما بعد من قبل القيصر) . وربما تضمنت ابنية المتحف مساكن للاعضاء ، وقاعات للتشريح الذي يقوم به الاطباء كما تضمَّنت ايضاً مراصد للفلكيين : وقد بنى بطليموس في القرن الثاني لعصرنا ميداناً للرياضة وقبة مربعة الزوايا تتضمن كلُّ واحدة منها دائرة كبيرة من البرونز مخصصة لبعض الارصاد الفلكية ؛ ويشكل الميدان والقبة قسماً من المتحف. وربما كان بطليموس الثاني الفيلادلفي هو الذي اقام جنينة الحيوانات وجمع فيها مختلف انواع الحيوانات الغريبة.

وكان اعضاء المتحف يتلقَّون عدا عن الوجبات الجماعية تعويضاً يؤخذ من ميزانية الدولة ، دون

ان يكونوا مجبرين مع ذلك على القاء المحاضرات بشكل منتظم، فقد كانوا محاطين ببعض التلاميذ، يخصصون كل اوقاتهم للبحث وللنقاش إما فيما بينهم او مع زائرين من ذوي المكانة. وكان عددهم قد بلغ المئة تقريباً في الحقب الاكثر ازدهاراً. ويمكن تصنيفهم الى فئتين: علماء لغة، وفلاسفة. وكان الأولون، كما يدل على ذلك اسمهم يهتمون بكل ما يدخل في النصوص والقواعد. ومن المؤكد انهم جعلوا علم فقه اللغة (فيلولوجيا) علماً بحق. واوجدوا طرق العمل كما رفعوا العديد من فروع هذا العلم الرئيسية الى درجة عالية من الكمال، دون ان يغفلوا البحوث الموسوعية حول تدوين التاريخ والميتولوجيا.

اما اولئك الذين اطلقت عليهم تسمية الفلاسفة فان نعتهم «بالمشائين» او «بالارسطيين» احياناً، يوحي بما تؤكده الوقائع: فاكثريتهم لم تكن من المفكرين المتخصصين بالتأمل الادبي او الميتافيزيكي بقدر ما كانت من العلماء المتفرغين للعلوم الخالصة، وخاصة الرياضية والكواكبية والجغرافية او الطب. فضلاً عن ذلك لمع بعض اصحاب العقول الموسوعية مثل ايراتوستن Eratosthène كعلماء لغة وكفلاسفة.

وكان هؤلاء العلماء جميعاً، يتصرفون ليس بالموارد المادية للمتحف فقط، بل كانت في متناولهم المكتبة العامة التي لا مثيل لها والتي اسسها ايضاً «بطليموس الأول سوتر»، بناءً على ايحاء من ديمتريوس الفاليري Démétrius de Phalèreù ثم كبَّرها واغناها خليفته بطليموس الثاني الفيلادلفي، الذي اوجد مكتبة اخرى اصغر في معبد سيرابيس Sérapis. وقدمت هذه المكتبة الغنية بما يقارب من سبعمائة الف مجلد، على ما يقال، لعلماء اللغة بشكل خاص، ولكل «المشتغلين بالعلوم» اسناداً فريدة في ذلك العصر.

علماء الاسكندرية: يُفهم من هذا ان هذا المتحف الذي يمكن ان يُعرَّف بانه مؤسسة اكاديمية تعنى بالبحوث العالية اكثر مما هو جامعةٌ او اكاديمية بالمعنى الصحيح، قد اصبح بعد انشائه بقليل المركز العالمي للحياة العلمية. وقد ساعدته شهرته ومنفعته ايضاً الاكيدة لكل فكر مثقف، لا على البقاء فقط حتى نهاية حكم الاسرة اللاجيدية بل انه بقي بعدهم واستفاد من مساندة السلطات الرومانية. ان الاسكندرية في مجال العلوم الصحيحة فقط وفي مجال علوم الطبيعة مدينة لمتحفها، بانها كانت اغنى حاضنة للعلماء بين كل مدن العصر القديم. وسادت الاسكندرية اولاً بدون مزاحم: في بداية القرن الثالث، جاء اليها الفلكي كونون الساموسي Conon De Samos والطبيب اراسيسترات Erasistrate، والمهندس تيسيبيوس Ctésibius، يزاحمون او يرفعون جيل اقليدس Euclide، وهيروفيل Hérophile واستراتون Straton. وفي النصف الثاني من القرن لمعت اسماء أراتوستون Eratósthène، مؤسس الجغرافيا الرياضية وأمين المكتبة، والرياضي ابولونيوس Apollonius البرجي الذي اقام في مدينة البطالسة. وفي القرن الثاني جاء الفلكي هيبارك Hipparque الى الاسكندرية لكي يجري فيها ارصاداً، ووُجِدَ فيها بعد مئة سنة سوزيجان Sosigène الذي قدم للقيصر كل عناصر اصلاح الروزنامة، وكذلك وبدون شك الفيزيائي هيرون Héron؛ وفي القرن الثاني من عصرنا الرياضي

جـاءهـا مينيلوس Ménélaus ، والـطبيب سوارانـوس Soranus ، وبصـورة خـاصـة الفلكي « بطليموس » الشهير ، وفي القرنين الثالث والرابع ايضاً اعطت الاسكندرية للعالم ثلاثة رياضيين كبار هم ديو فونت Diophonte وبابوس Pappus وتيون Théon ابو الشهيرة ايباتيـا Hypathie ، وهو آخر امناء المتحف الذي حفظ التاريخ ذكراه .

الـعـلوم في المـدن الهـلنسـتـيـة الأخـرى : الا ان الحـركـة الـتي اطـلقـهـا الـلاجيـديـون الأولـون ، لم تلبث ان انتشرت في المـمالـك الأخـرى الهلينستيـة ، هـذا دون نعـداد المـراكـز حيث كـان هنـاك تـراث علمي مثـل سيراكـوسـا Syracuse ، وكـوس Cos . وأنشئت مكتبات جديدة بفضل كرم الملوك في بلاّ Pella في مكدونيا Macedoine وانطاكيا Antioche في سورية ، وبرغامPergameفي آسيا الصغرى وكانت الاغنى بعد مكتبة الاسكندريـة ، وفيما بعد في رودس Rhodes ، وأزمير Smyrne وايفيز Èphése الخ . لا شك ان الامراء والمدن كانوا يسعون بشكل خاص لاجتذاب رجال الادب والفنانين ، في حين ان اثينا ظلت عاصمة الفلسفة وعلم البيان . انما كان هناك استثناءات شهيرة : من ذلـك ان المستبدِّين في سيراكوس Syracuse هيـرون Hiéron وجيلون Gélon قد اهتمّا بالعلم الذي كان يحتل مركز الصدارة في صقلية Sicile وفي كـل اليونان الكبرى . ولهذا عاد السيراكـوسي ارخميدس Archiméde وهـو ابن فلكي ، بعد ان اكمـل دروسه في الاسكندرية ليمضي بقية حياته في مدينته الام . اما ابولونيوس البرجي Apollonius de Perge فلم يعش طول حياته في الاسكندريـة بل انتقـل ايضاً الى بـرغام واهـدى قسماً من كتبـه الى البرغامي اوديم Eudème ، وقسماً الى ملك برغام آتال Attale الأول . وجزيرة رودس التي نجحت في الاحتفاظ باستقلالها وازدهارها طيلة الحقبة الهلينستية اجتذبت هي ايضاً العلماء : فقد اجرى هيبارك Hipparque فيها اكثر ارصاده وأعماله . وعندما شتت بطليموس افرجيت Evergète الثـاني بصورة مؤقتة علماء المتحف ، استقبلت رودس وبيرغام ، مع الكثير من العلماء قسماً من الاشعاع العلمي من الاسكندرية : ومن بين العديد من الكتاب كان كراتس ديمالوس Cratès de Mallos ، وهو عالم لغة وجغرافي من القرن الثاني الذي اقام في برغام ، اما بوزيدونيـوس Posidonius ، الفيلسوف الشهـير ورجل العلم ، فكان يعلِّم في رودس في القسم الأول من القرن الأول قبل المسيح .

واجتذبت بيرغام Pergame ، بسبب هيكلها أيضاً ، هيكل اسكولاب Esculape حيث كان جمهور من المرضى يفتش عن الشفاء من آلامه ، العديد من الاطبـاء الممارسين : وكـان اكـبر اطباء العصور القديمة مع ابقراط Hippocrate ، غاليان Galien البرغامي (القرن الثاني والقرن الثالث من عصرنا) والذي درس فنه في مدينته الأولى قبل ان يتخصص في غيرها . الا ان ممارسـة المهنة الـطبية كانت مرتبطة بوجود زبائن كُثُر واغنياء . وقد تكاثرت ، بعيداً عن المدارس القديمة كوس Cos وكنيد Cnideوسيتيوم Citium(قبرص Chypre) ، المراكز الـطبية المهمـة ، وبصـورة خـاصـة في مـدن آهلة بالسكان مثل ايفيزيا Ephèse وروما Rome بصورة خاصة ، العاصمة الجديدة للعالم . وهذه اول مرة نلتقي فيهـا اسم رومـا ، في هـذا العـرض السـريـع لـظروف الحياة العلميـة في الحقبـة الهلينستيـة Hélléństique والرومانية . وهذا يطرح مسألة خطيرة : مسألة موقف الرومان من العلم

II - اتروريا Etrurie والعلم

وقبل ان يتلقى الرومان تأثير اليونان المباشر كانوا قد تحضروا على يد الاتروسكيين [توسكانة] . وكان هؤلاء قد ارشدوهم ، في خطواتهم الأولى ، في المجال العلمي ، كما فعلوا في مجالي الفن والدين .

والواقع انه لم يكن هناك في الغرب القديم شعب متمسك بالطقوس الدينية من كل نوع مثل الاتروسكيين . فاليونان والرومان ذكروا ولاحظوا السمة الدينية العميقة لدى الامة التوسكانية . وعلى صعيد المعرفة والعلم كان لمثل هذا الموقف نتائج خطيرة . لأن حياة الاتروسكيين ظلت محصورة ضمن شبكة من الأوامر والنواهي ، مخالفة لرؤية عقلانية للاشياء . ولم يكن عندهم ، بعكس ما كان الحال لدى اليونان ثم لدى الرومان ، فصل تدريجي بين الحياة الدينية والحياة الدنيوية .

ويرتكز تقدُّم كل معرفة عقلانية وعلمية على تصور للكون مقنَّن ومحكوم بالقوانين الطبيعية . كان الانسان البدائي يفترض وجود تداخل ثابت بين عالم القداسة وعالم الدنيا . وحمل تطور المعارف الرومان وقبلهم اليونان على التعرف الى الرابط المنتظم والثابت بين الظاهرات ، فيما بينها ، ثم ظهورها بدون تدخل ضروري من قوة عليا . ولكن ذلك لم يكن حال الشعب الاتروسكي الذي كان يرى ، وحتى آخر تاريخه ، ان كل افعال الانسان واحداث الطبيعة محكومة حرفياً بالقداسة والظاهرات الاكثر حدوثاً والافضل تفسيراً للطبيعة غير الحية ، ولطبيعة الاحياء ، ظلت ، في نظرهم، ذات صلة لا تنفصم بوجود قوى غامضة سماوية جهنمية .

تصور الكون : مثل هذا التصور الصوفي للكون لم يجرّ وراءه كلازمة نوعاً من الجمود الفكري بالنسبة الى الشعب الاتروسكي ، ولا نقصاً في الفضول العلمي بل بالعكس تماماً . وعلى كلٍّ ، لم يكن مبدأ السببية ، وهو مبدأ اساسي في كل فكر علمي ، بل مبدأ الغائية الذي بدا مرشداً لكل مسارات التوسكانيين وبحوثهم . فبدلاً من البحث ببساطة عن سبب الظاهرات الملحوظة ، كما فعل العلماء الهلينيون ، عن طريق القيام بمراقبات متكررة وعن طريق التجريب عندما كان ذلك ممكناً ، كان الاتروسكيون يبحثون دائماً عن تفسير معنى وقيمة الظاهرات ، فيما يتعلق بالمستقبل المباشر او البعيد لبلدهم ولِعِرْقهم . بالنسبة اليهم كانت كل الاسباب متشابهة فيما بينها : لقد كانت دائماً ارادة قدرة إلهية هي التي تتسبب ، على الأرض، بظهور ظاهرات عادية او غريبة . لقد كانت الآلهة تعرف كيف تُعَرِّفُ باوامرها وكيف تنبيء بالمستقبل .

وهناك مقطع مأخوذ عن سينيك Sénèque ، في كتابه «المسائل الطبيعية» (II ، 2,32) يوضح الوضع الفكري ، الغائي تماماً لدى شعب توسكانا Toscane القديم . ونقرأ بهذا الشأن الافكار العميقة لدى الحكيم الروماني :

« نعرض ما يجعلنا نختلف مع التوسكانيين الغارقين في تفسير الصواعق . نحن نرى ان تصادم الغيوم هو السبب في انفجار الصواعق . اما هم ، فإن تصادم الغيوم هدفه احداث هذا الانفجار . ولما

كانوا يردون كل شيء الى الالهة ، فهم مقتنعون ، ليس بان الصواعق تنبيء بالغد لأنها قد تكونت ، بل انها قد تكونت لكي تنبيء بالغد » .

وهكذا يكون كل شيء في الكون مثقلاً بالقيمة المقدسة ، وكل حدة الفكر الاتروسكي ، انصبَّت على توضيح وعلى تنوير هذه القيمة ، هذا المعنى الاساسي ، على ان تستمد منه ، بالنسبة الى سلوكات الناس ، القواعدُ العملية ، التي من شأنها تسهيل انجاز الوعود ، وبالعكس توقيف تصاعد التهديدات والمخاطر .

ذلك هو بهذا الشأن العلم الاتروسكي وهو علم كاذب ، هذا اذا جاز وصفه بالعلم ، ولكنه يستحق ، مع ذلك الفحص ، لأن المبدأ اذا كان معيوباً ، فالطريقة المستعملة تتضمن دقة في الملاحظة ورهافة في الاستنتاجات التي تستحق ان توضع في خدمة الفكر العلمي الحق .

مبادىء التنبوء : في الكتب المقدسة التي تتضمن مجمل العقيدة الموحاة إلى التوسكانيين من قبل كائنات عجيبة ، كالجنية تاجيس Tagès والحورية بغوي Bēgoé ، كان التنبؤ يحتل مكانة اساسية . فقد كان يعلم فيه كيف كان العرّافون (هاروسبيس Haruspices) يسجلون بعناية فائقة الاشارات التي ترسلها الآلهة إلى الأرض ، ثُم يستخلصون النتائج اللازمة ، من هذه الاشارات ، فيما يتعلق بالمستقبل . وانها لمدهشة هذه القسمة التي هي قسمة (مصير) هؤلاء العرافين الذين ظهروا فوق ارض ايطاليا في فجر الحضارة الاتروسكية ، والتي سوف نجدها ، في آخر الوثنية الرومانية تحتل مكانة الشرف في حاشية الامبراطور «جوليان » . كان اهتمامهم منصباً على ثلاثة فئات من الاحداث الاساسية : الصواعق ، واحشاء الضحايا ، واخيراً الخوارق . وعلى كل حال كان سلوك هؤلاء المختصين بالعرافة واحداً : لقد كان من الواجب اولاً ، الملاحظة ثم التفسير واخيراً التكفير وقد عرّف سينيك Sénèque تقنيتهم كما يلي :

ars in haec tria diuiditur, quemadmodum exploremus, quememadmodum interpretemur, quemadmodum exoremus . (I, 33, II) المسائل الطبيعية

ملاحظة الصواعق : وصف سينيك في نفس المقطع وكذلك « بلين Pline القديم » في كتابه (التاريخ الطبيعي) (148,137,II) مبادىء ملاحظة الصواعق عند التوسكانيين . كانت السماء مقسومة عندهم الى 16 قسماً ، وكان الملاحظ ينظر نحو وسط السماء . كان القطاع الايسر وهو قطاع الشرق ، خيراً ، اما القطاع الايمن وهو قطاع الغرب فكان شؤماً . وهنا تسعة آلهة تُرسل الصواعق ، كان « جوبيتر » يتحكم بثلاثة انواع مختلفة من الصواعق . ولتحديد منشأ الصاعقة ، وبالتالي قيمتها ، كان من الواجب ان نرصد بعناية نقطة انطلاقها ونقطة سقوطها . وكان مبدأ التوجيه ، مسيطراً على هذا الشبه ـ علم البراق . في الكثير من النقط كان شبه العلم هذا متوافقاً مع علم النجوم الكلداني .

وكانت الروزنامة البرونتوسكوبية الاتروسكية التي حفظها لنا جان ليدوس Jean Lydus ، ضمن طبعة اغريقية ، صادرة هي بالذات عن ترجمة لاتينية اقدم ، هذه الروزنامة قد وضعت بالنسبة

الى علم الروزنامة البابلي الذي كان يعدد معنى الصاعقة بحسب اليوم الذي تظهر فيه . ويبقى ان نشير الى توضيح اسلوب نقل هذا التراث الشرقي القديم جداً الى اترووريا (توسكانا) في العصر التاريخي .

العرافة L'haruspicine : ان نظرية التوجيه التي هي في اساس النظام الوميضي تحكم ايضاً العرافة بالذات فالتوسكانيون كانوا يرون ان الشيء المقدس يمثل صورة الكون بالذات . وفي الحيوان المقدم الى الآلهة ، يعكس الكبد ، وهو مقر الحياة ، حالة الكون عند تقديم الاضحية . وفوق سطحه يلاحظ وجود مقعد الآلهة ، وبحسب مظهر الاقسام المختلفة يستطيع الكاهن ان يتنبأ بالمستقبل والكبد من البرونز التي اكتشفت في بليزنس Plaisance في سنة 1877 هي تصميم تذكيري في خدمة الهاروسبيس او العرافين وهذا الكبد مقسوم الى عدد كبير من المقصورات الإلهية وهو يعطي صورة مصغرة عن الكون الحقيقي . ان الفكر الكوني عند الاتروسكيين اوجد ، مقارنة متوازية ووثيقة بين مراقبة الصواعق ودراسة الاكباد المقدسة .

وقد جرت منذ زمن بعيد مقارنة بين العرافة الاتروسكية والعرافة الاشورية ـ البابلية . وهناك ملاحظات حديثة قال بها ج . نوغارول J.Nougayrol . تتناول كبداً من التراب المشوي اكتشفت في فاليري Falêries . هذه الملاحظات اثبتت هذه العلاقات المفترضة سابقاً . ويبقى من الضروري توضيح ، النقص الزمني الضخم ، الذي يفصل بين تقنية تنبؤية من الالف الثاني ق . م . وعلم لا نعرفه بدقة إلا من اشياء متأخرة على العصر الهلينستي والتي لم تتأكد ، على كل حال ، في ايطاليا قبل بداية القرن السابع ق . م . وَالتَقَدُمُ في دراسات المستشرقين يبدو وكأنه قد اكثر ، في الوقت الحاضر ، من عدد المعالم الوسيطة .

الخوارق : هناك عدد كبير من الظاهرات يشكل السلاسل المختلفة من الخوارق ، وهي احداث مهمة ، ومثقلة بشكل خاص بالمعاني المقدسة . وقد حفظ لنا سيرفيوس Servius وماكروب Macrobe وآمين مارسيلين Ammien Marcellin بعض اجزاء من الاحتفالات الاستعراضية « واستنتاريا اتروسكية » حيث نمت النظرية حول هذه الخوارق .

وزعت الحيوانات والاشجار الى فئات متعارضة ، فهناك الحيوانات التي ترمز الى الخير وتلك التي ترمز الى الشؤم . والنظام الاتروسكي يلعب على هواه بهذا التعارض الاساسي بين الحيوانات السعيدة والحيوانات المشؤومة والاشجار السعيدة والاشجار المشؤومة . ونفس التعارض في القيمة يفصل الفأل المستمد من أكباد الضحايا ، فيكون فألاً خيراً او شراً بحسب مكان الكبد المنظور ، وكذلك الفأل المأخوذ من الصواعق السماوية الخيِّرة المشؤومة بحسب نقطة انطلاق هذه الصواعق .

انما هنا يبدو توزيع الحيوانات والاشجار الى فئات متعارضة ، وكأنه يعطي للمجتمع البشري صورة عن حالته الذاتية . فكل استثناء او شذوذ في الاشجار المشؤومة يمكن ان يكون فألاً باضطراب يصيب الناس .

اما الاشجار السعيدة فهي بالعكس تُنَظِمُ من خلال سياق نموها ، نموَّ الكائنات البشرية . والمجالات المختلفة في الطبيعة تبدو مرتبطة في ما بينها بروابط غامضة وعميقة . ويفترض الفكر الاتروسكي الوحدة الاساسية في العالم . ولكنها وحدة ذات صفة غامضة وسحرية ، تبعد بنا كثيراً عن الوحدة العقلانية كما تراها الفلسفة الحتمية عند شخص مثل لوكريس Lucrèce .

تلك هي المبادىء الاساسية في عقيدة تحب ان تأخذ ، رغم عدم تماسكها الجذري ، مسار علم حق . وفيه نلاحظ وجود سمات تميز فكر شعوب الشرق القديم . ومثل هذا الوضع لم يكن الا ليؤثر في نمو الفكر والمعرفة في روما . وفي أيام ملكية آل تركين Tarquin [القرن السابع والسادس ق . م .] اعتمدت روما الاتروسكية هذه الرؤ ية الغائية للكون ، المشبعة بالسحر . وخلال القرون الأولى من الجمهورية ، وبعد ان اصبحت اتروريا Etrurie عدوة روما ، ظلت [اي اتروريا] تجتذب المفكرين الرومان بفعل جاذبية التفسيرات المقدمة توضيحاً لمسار الكون . وتأثير الفلسفة اليونانية لم يستبعد ابداً ، وبصورة خالصة في الأوربس L'Urbz الاغراء الذي مارسه جمعٌ متخصص من الكهنة الذي كانوا يعرفون ممارسة رقابةٍ مرهفةٍ نادرةٍ ، كما يعرفون تفسير الظاهرات بشكل يصل مباشرة الى العقلية الشعبية .

التقنيات : ان الفقر في الفكر العلمي الخالص لدى التوسكانيين، يجب ان لا يُنسي مهارتهم البالغة في العديد من التقنيات . وكانوا سادة في فن العمارة المدنية والقبورية ، وفي ري الأرض ، وتنشيف الاراضي المستنقعية . وزودوا روما منذ القرن السادس ق . م . بشبكة مجارير متناهية الدقة . وكان معتقدهم في التوجه قد مكنهم من القيام بقسمة عملية للاراضي ، ومن هنا منشأ المساحة المدهشة عند الرومان والتي عرفناها بفضل نصوص كتب مسح الأرض الرومانية ، واليوم ايضاً بفضل التصوير الجوي الذي يدل على ضخامة عملهم في ايطاليا وفي الارياف . اما الفن المرهف ، فن الصياغة الذهبية ، فقد تفوقوا احياناً على مهارة اليونان وعلى نجاحهم . وما يزال العلماء المعاصرون يفتشون عبثاً عن الوسائل التي مكنت الحرفي الاتروسكي من لحم الحلي المزوقة بشكل لا يُرى ابداً ، وكذلك كرات الذهب المتناهية الصغر التي لا يزيد قطرها احياناً عن 2% من المليمتر .

وكان هناك علم طبي اتروسكي لا نعرف عنه شيئاً تقريباً ، ما عدا شهرته البعيدة . ويخبرنا تيوفراست Théophraste ومارتيانيوس كابيلا Martianus Capella ، ان الاطباء الاتروسكيين كانوا مشهورين وكانوا يُتْقِنون فن صناعة الادوية الجيدة . وبحسب اسطورة قديمة اتى على ذكرها هزيود Hésiode في بيت الشعر 1014 من قصيدته تيوغوني Théogonie ، ان ابناء الساحرة سيرسي Circé ، البارعة جداً في صناعة شراب المحبة ، اصبحوا امراء اتروسكيين . واضطر اطباء توسكانا الى اللجوء للفضائل الشفائية في الينابيع الحرارية التي كانت تنبجس في توسكانا واومبريا والتي ما تزال تحتفظ حتى اليوم بشهرة كبيرة . اما العناية بالاسنان فقد وصلت عندهم الى اعلى درجات البراعة ، إذ انهم عرفوا كيف يستخدمون لهذه الغاية عبقرية الصياغ المحليين . وفي قبورٍ في لاتيوم Latium وتوسكانا ، تعود الى القرن السابع قبل المسيح وجدت هياكل عظمية مع اسنان مغطاة بالذهب . وفي

منتصف القرن الخامس اجاز قانون الالواح الاثني عشر للرومان بدفن موتاهم مع الذهب الموجود في الفم .

واتجه انتباه العلماء حديثاً نحو دراسة العديد من النذور Ex — Voto التشريحية التي وجدت اما مصادفةً أو أثناء الحفريات المنهجية ، في نواويس الأضرحة أو في قبور العالم الأتروسكي الروماني . والقيمة الدينية لمثل هذه النذورات المقدمة الموجودة في الحضارات الأكثر تنوعاً ، واضحة : فهذه التقديمات قدمت الى آلهة الشفاء ، وهي تعبر عن الرغبة من إستعادة الصحة أو تعبر عن الشكر من أجل الشفاء الحاصل ، وقيمتها هي قيمة عناصر البَدَل ، اي بدل الشراء . ولكن هذه النذور هي أيضاً ذات دلالة على المعارف الطبية في ذلك الزمان ، من وجهتي النظر التشريحية والتطبيبية . ويفهم من دراستها المنهجية أنها قد تكون مفيدة .

وتكتشف ، بصورة خاصة ، الفائدة القصوى لبعض النذور الاتروسكية من الحقبة الهلينستية التي تسمى (التشريحية) . وهي قطع من الفخار تمثل شخصية من الصدر والظهر . تتوحين بشقٍ بشكل لوزة بحيث تظهر الاحشاء للعيان . ومن الملحوظ وجود عدة أشكال من التشريح . ورغم الاخطاء الكبرى فإن هذه الاعمال تدل على معارف تشريحية عميقة وتدل أن الاتروسكيين يستحقون السمعة الطبية التي حصلوا عليها في العالم القديم بصفتهم أطباء وجراحين . وكانت ممارستهم القديمة والدائمة للعرافة L'haruspicine قد طورت لديهم مهارات في التشريح ودقة في الملاحظة .

من الناحية العلمية الخالصة لا بدَّ من « وضع تقرير » بانعدام وجود اي شيء يتعلق بمقدمات اتروريا Etrurie القديمة للفكر الغربي . وليس الامر كذلك على صعيد التقنيات وفي هذا المجال ايضاً عرفت روما كيف ترثها بشكل واسع .

III- الرومان والعلم

من المؤكد ان مساهمة الرومان في تقدم العلوم كان ضئيلاً مثل ضآلة مساهمة الاتروسكيين . وذلك لاسباب مختلفة تماماً : فعدا عن بعض الصفحات الناصعة ، انما غير الاصيلة ، التي قدمها سينيك Sénèque حول بعض المسائل المتعلقة بعلوم الطقس والجغرافيا ، اقتصر الانتاج العلمي في الغرب اللاتيني على مقتبسات شعرية ونثرية من العلم اليوناني ، وعلى مجموعات من نوع : ديسيبليناروم ليبري Disciplinarum Libri لمؤلفه فارون Varron ، وهي اليوم ضائعة ، ثم كتاب « التاريخ الطبيعي » لبلين Pline القديم ، ثم على اشغال تقنية زراعية او من الفن التطبيقي . لقد اتقن المهندسون الرومان اساليب بناء الطرق والجسور والسدود والقنوات والقناطر والطبقات ، كما اتقنوا صناعة الزجاج والتعدين ، فاتحين صفحة جميلة في تاريخ التقنيات . فهل يعني هذا ان الرومان احتقروا العلم كما يحلو للبعض ان يقول ؟ بالعكس لقد امتدحهم لوكريس Lucrèce وشيشرون Cicéron وفيرجيل Virjile ، اما بلين Pline فقد رفع العلماء الى السحاب . وقد رأينا ان السلطة الامبراطورية ظلت تقدم المدد للمتحف وللمكتبة في الاسكندرية . لقد احتلت العلوم ، وبخاصة الحساب والجيومتريا والكوسموغرافيا (علم الكون) مكانة محدودة في التعليم . وكان التقنيون يقدرون

بدون مشقة على اكتساب المعارف النظرية الضرورية لتكوينهم . ولكنهم كانوا يهتمون قبل كل شيء بالثقافة الادبية وبالأخلاق متأثرين جزئياً بالافلاطونية ، فعرف الرومان الميل لترك العلم بين يدي اليونانيين او التقنيين ، وبصورة خاصة انهم لم يعرفوا كيف يطبقون على الرياضيات الدقة الفكرية التي اثبتوا جدارتهم فيها بالتحليل الحقوقي . واذاً لا يوجد علم روماني : واستيلاء روما على الشرق لم يحدث انشطاراً في تاريخ العلم الاسكندري ، وكل ما في الامر ان روما مارست بصورة غير مباشرة تأثيراً عابراً على تطور الطب ، حين جلبت بعض الاطباء الممارسين ، الى روما حتى يكيفوا فن الطبابة مع اذواق زبائنهم الجدد . ولكن العلوم التي ارتكزت عليها الفنون الطبية وحتى تكوين الاطباء ظلت من اختصاص مدارس الشرق بصورة حصرية . وكذلك مجموعة الاطباء الكبار ظلت تؤخذ من بين اليونانيين .

IV - الفكر والطرق

النظام المشائي : ان هذه الوحدة الخارجية الى حدٍ ما، والتي اعطيت للعلم الهلينستي والروماني من قبل التفوق الدائم للاسكندرية ، لها قرينها وهو الديمومة الاساسية للفكر وللطرق التي سادت الجهد العلمي طيلة الفترة كلها . هذه العقلية وهذه الطرق هي التي سودها الفلاسفة الأولون والعلماء المتجمعون في الاسكندرية من قبل « بطليموس الأول سوتر » والتي ورثها هؤلاء الفلاسفة من النظام المشائي . لقد كان ديمتريوس الفاليري Démétrus de Phalère مستشار الملك ، وستراتون اللمبساكي Straton de Lampsaque مربي ابن الملك ، مشتركين في ولادة المتحف ، وكانوا تلاميذ مباشرين : الأول « لتيوفراست » والثاني « لارسطو » . وعندما انشأ بطليموس سوتر معهده للبحوث العالية ومكتبته ، فقد استلهم من مثال الاسكندري الكبير ، الذي منحته دروس ارسطو حماساً عميقاً للعلم ، والذي استفاد من سلطته العظيمة ومن حملاته لكي يشجع البحوث التي كان يديرها تلميذه . واخيراً وبصورة خاصة ، تطابقت بدايات العلم الاسكندري تماماً مع اللحظة التي نبتت فيها البذرة التي زرعها ارسطو ، وحيث استكملت وصححت المبادىء والنماذج التي اقترحها ، وذلك على يد تلاميذه المباشرين .

ودلت الفصول السابقة كيف ان طريقة الاستقصاء العلمي قد استخلصت بصورة تدريجية وتحولت قليلاً قليلاً كلما كان الفيلسوف القديم يتقدم في اعماله ، كما بيّنت هذه الفصول كيف ان خليفته « تيوفراست » قد حسن في هذه الطريقة بدوره ، ذاهباً في بعض الاحيان الى حد مناقضة طروحات معلمه . وسنرى ان « ستراتون اللامبساكي » هو ايضاً ، عندما اتبع الطريق الذي شقه ارسطو ، قد توصل حول بعض النقاط الى نتائج تتعارض تماماً مع استنتاجاته .

نذكر باختصار ما هي المبادىء العامة التي احترمها العلم الهلينستي اجمالاً والتي بدونها لا يمكن ان يكون تقدم علمي . في الدرجة الأولى ، انفصل العلم عن الفلسفة ، لا بسبب وجود تعارض بينهما ، ولكن العلم لم يعد قسماً من التفكير الميتافيزيكي ، وحصل على استقلاليته . وبدلاً من ان ينزع العلم

الى تفسير شامل للكون ، مثل ما فعلت الكوسمولوجيات القديمة ، ثم الانطلاق بذاته من تركيبة شاملة ، فقد تابع هدفه الخاص ، اي تفسير اوليات الطبيعة والبناء الرياضي ، بوسائله الخاصة . واصبح البحث العلمي بعد ذلك متخصصاً بحسب الفروع . وقد لمع بعض العلماء في عدة فروع لأنها متداخلة ولأنهم كانوا اصحاب فكر موسوعي . ولكن هذه التعددية لم تقم على رغبة في الإحاطة بكل شيء لفهم كل شيء ، باستثناء بعض الرواقيين ، ربما . ومكان التحليل العقلي المسبق والتجريدي ، الذي كان « ارسطو » يستعمله احياناً ، حلَّت الملاحظة الدقيقة للشيء ، ومحل التحديد المتسرع « للأسباب » ، ومحل المبدأ الكوني التفسيري حلت دراسة الظاهرات المتقارنة والبحث عن القوانين . ومكان التأويل التحريفي للوقائع ، تبعاً لعقيدة مسبقة حلت القراءة الموضوعية للواقع . ويمكن القول ان العلم ، القائم على اساسٍ متين من قبل « ارسطو » و« تيوفراست » قد حقق تطوراته الأولى في الحقبة الهلينستية والرومانية .

ارث افلاطون : الى جانب العلم الأرسطي يجب إفساح مجالٍ اضيق لارث افلاطون . وبهذا الشأن ان تأثير الفكر الافلاطوني هو الذي يفسر الى حدٍ ما الافضلية الإستثنائية التي تمتعت بها منذ القرن الثالث ق.م. الجيومترية وعلم الفلك ، على حساب الفيزياء والبيولوجيا الحيوانية والنباتية . ففي حين اهتم « ارسطو »«وتيوفراست » بشكل خاص بعلوم الرصد والملاحظة ، اظهر افلاطون ، كوارثٍ للتراث الفيثاغوري ، ميلَه وتفضيلَه للعلوم الصحيحة التي يدخل موضوعها في نطاق المفهوم اكثر منه في نطاق المحسوس ، والتي يلعب فيها التحليل العقلي الخالص دوراً مؤثراً في مجال علم الفلك . كان مبدأ الحركات الدائرية المنسجمة الشكل قائماً كعقيدة من قبل افلاطون كما ان العديد من الصفحات ، مثل صفحات المدخل الى المجصطي L'Almageste الذي وضعه بطليموس وحدد فيه علم الكواكب ووضع بديهياته ، قد انطلق ، على الأقل بصورة غير مباشرة ، من استلهامٍ افلاطوني .

ومع ذلك يجب ان لا ننسى ان ارسطو قد تبنى العقيدة الاساسية الراسخة في علم الفلك القديم ، واعطاها توسيعاً أصيلا ، وانه ، وفقا لملاحظة صائبة ادلى بها و . نوجيبور O. Neugebauer ، كانت فرضية الدورات الدائرية ، في نظر اي عقلاني من العصور القديمة من الاكثر ملاءمة للمظاهر الملحوظة او المراقبة .

تأثير الانظمة الفلسفية الجديدة : ان العلم لم يكن يوماً بمنأىً عن المنهجة المغرضة ، وعن الاشعاعية . (الالهامية) . وتحرر العلم من وصاية الفلسفة كان حديث العهد جداً بحيث لا يقع من جديد فيها عند اللزوم . ففي ذات الوقت الذي ازدهر فيه العلم في مطلع القرن الثالث تشكلت انظمة فلسفية جديدة مارست على تطور العلم تأثيراً أكيداً قلما كان حسناً ، نظراً لما اتصفت به هذه التأثيرات من سمة (عقائدية) Dogmatique جامدة . وبدا الابيقوريون Epicuriens ، ورثة التراث القديم الذري . في موقف المعارضين للكوسمولوجيا شبه الرسمية عند الفئات الاخرى ، وعند اغلب علماء الفلك ، بدعمهم تعددية العوالم ، ولا نهائية الفضاء ، والصفة غير الجيومترية للظاهرات الفضائية . ولكنهم لم يعرفوا كيف يعطون لانتقادهم شكلاً صارماً نوعاً ما ، ولا اقتراح نظام للكون صالح علمياً . كما ان تأثيرهم

على تطور العلم كان سلبياً بشكل خاص ، فضلاً عن كونه معطلاً جزئياً بفعل موقفهم الجريء تجاه المسائل الاخلاقية والدينية . الآ ان النظرية الذرية قد استخدمت بنجاح من قبل الفيزيائي « ستراتون اللمبساكي » ومن قبل اطباء امثال ارازيسترات Érasistrate واسكليبياد Asclépiade . أما الرواقية فبالعكس لقد انبثقت عن الافلاطونية وعن المشائية ، وادعت لنفسها مماشاة التقدم العلمي . والواقع ان العديد من الرواقيين ، ومعظمهم هو الشهير بوسيدونيوس الابامي Posidonius D'Apamée . كانوا علماء بحق ، وانتشار عقيدتهم التي بدت كتفسير كامل للكون ساعد على نشر بعض المكاسب المهمة في العلم الهلينستي ، في الأوساط المثقفة . كما جذّر هذا الانتشار ايضاً اغلاطاً خطيرة مثل : مفهوم المحبة الكوني الذي ساعد بدون شك بوزيدونيوس Posidonius على تفسير ظاهرة المد والجزر ، ولكنه ادخل في الكوسمولوجيا عنصراً غامضاً من التفاعل من بعيد ، عنصراً يبرر علم التنجيم او مثل نظرية « روح الحياة » (Pneuma) ، وهي مبدأ الحياة المادية والروحية بآن واحد ، والذي كبح بعض التقدم في الميدان الطبي . وحتى الشكوكية ، وقد اطلقها بيرهون Pyrrhon واعتمدت في القرن الثاني من قبل الاكاديمية ، اثّرت في الفكر العلمي ، ليس فقط من حيث زعزعتها الإيمان بالعلم وإضرارها ، من جراء هذا ، بتقدمه ، بل من جراء تشجيعها الاطباء على تأسيس مدرسة سميت « بالتجريبية » ، والتي يكفي عنوانها للدلالة على التوجه المعارض تماماً لتوجه اطباء الاسكندرية الأوائل .

القوى اللاعقلانية : واكثر خطورة من البيرونية Pyrrhonisme (نسبة الى بيرهون Pyrrhon) التي نحت ناحية العقل لكي تهاجمه ، كان التطور البطيء اولاً ، ثم الكثيف ، لحالة من الفكر ، اجتمعت مع اسباب اخرى ، فأدت بالعلم القديم الى الهاوية . وابتداءً من القرن الثالث ق . م . بالضبط ، كان اغراء اللاعقلاني ، وباشكال متنوعة ، قد بدأ يمارس اقتحامات حتى في الأوساط المهتمة باشياء الفكر ومعرفة العالم . وكانت العلوم الباطنية ، والتنجيم بصورة خاصة والخيمياء Alchimie فيما بعد ، تنافس علوم الطبيعة ، في حين كان السحر يعارض او يختلط بالطب . واذا كان رجل مثل « بطليموس » قد فصل تماماً مجال علم الفلك عن علم التنجيم ، وكان كفياً فيهما معاً فان مفكرين آخرين مثل « بلين » القديم ، يخلطون بكل براءة بين الحدث الملحوظ والامر الخارق الاسطوري ، بين التفسير العقلاني والمفتاح الغامض الكاذب ، والتحري العلمي والافتراضات المتشابكة ، والاستطبابات الطبية ، ووصفات السحرة . وتكاثرت مجموعات « العجائب » . واكثر من ذلك ، وفي حين نشر ذيوع الاديان الشرقية في كل العالم الاغريقي الروماني ، خاصة منذ بداية العصر المسيحي ، الأشكال الاكثر غلواً في الصوفية ، قامت الفرق العديدة ، وفي طليعتها المجموعات الغنوصية Gnostiques المتنوعة ، والهرمسية Hermetiques (الكيمياء السحرية) تقترح على اشياعها انظمة للكون مبسطة نوعاً ما ، وغريبة ، زُعِمَ انها موحاة من الالوهية بالذات . وسادت التصديقية البدائية بصورة تدريجية على الروح الانتقادية ، والتخيل الملهم على المنطق .

تأثير الشرق : هكذا بدت ، في نهاية المطاف وفي المجال العلمي ، النتيجة الأكثر وضوحاً فيما يتعلق بامتزاج الهلينية والحضارات البربرية ، امتزاجاً حققه الاسكندر وخلفاؤه . لقد تسنى لليونان من قبل ان

يتعلموا من المصريين ومن الفرس . ولا نرى ان الاتصال الاوثق والادوم بالعلم الوطني المحلي قد افاد كثيراً العلم اليوناني . لقد استطاع الفلكيون ان يقطفوا ويجمعوا من آسيا جداول مجموعة من الملاحظات ، والاطباء اخذوا عن مصر بعض المعلومات التشريحية والتطبيبية . ولكن الشرقيين بالتأكيد كانوا هم المسؤولين عن تأخر العقلانية في العصور اللاحقة . وبالمقابل ، من المؤكد ان توحيد الشرق في العصر الاسكندري ، ثم توحيد العالم المتوسطي على يد الرومان ، والاكتشافات البعيدة التي أعقبت ذلك قد ساهمت بقوة في تقدم العلوم ، عن طريق تسهيل الاتصال بين العلماء ونشر نتائج البحوث، مع توسيع حقل الملاحظة بشكل واسع جداً امام علماء الطبيعة ، والجغرافيين ، والفلكيين : واخذت الأشياء تتجول بين ايكوسيا وشاطىء الصومال ، ومن جزر الكناري الى الهند وحتى الى الصين . ووُجِدَتْ مفارقُ الطرق الرئيسية في العالم على شواطىء المتوسط الشرقي ، حيث يتلاقى محورا العالمين كما رسمهما الجغرافيون .

التقدم العلمي: هذا المجمل من الظروف المساعدة عموماً نتج عنه ازدهار قوي في العلم ، على الاقل في العديد من فروعه الاكثر اهمية . ومن اقليدس Euclide الى بابوس Pappus وتيون Théon الاسكندراني ، حقق الرياضيون تقدماً هائلاً فطوروا الجيومتريا والحساب ، واخترعوا علم المثلثات واكملوا الجبر واهتموا بالبصريات والسمعيات .

اما الفلكيون مثل ارستارك Aristarque ، وهيبارك Hipparque وبطليموس Ptolémée على رأسهم فقد عثروا على اكتشافات رائعة ، وبصورة خاصة اكتشاف دوران الأرض حول الشمس ، وهو امر لم يحفظ مع الاسف ، كما انهم اوصلوا النظام المتعلق بمحورية الأرض الى اعلى درجات الكمال الجيومتري . وبذات الوقت قَعَّدوا الجغرافيا على اساس رياضي متين . وقد صاغ ستراتون ، اللمبساكي ، وخاصة ارخميدس Archimède بعضاً من القواعد الاساسية في الفيزياء . واخيراً طبقت على الانسان خاصة ، الطريقة التي نجحت بفضل ارسطو Aristote وتيوفراست Théophraste ، فيما خص مجموع الكائنات الحية والنباتات ، فاوجد الاطباء الأولون من الاسكندرية ، وهم هيروفيل Hérophile واراسيسترات Érasistrate التشريح ، وعلم وظائف الاعضاء (فيزيولوجيا) كعلوم ، وبالتالي مكنوا من التقدم الملحوظ في المعرفة وفي الاستطباب ، بالنسبة الى الجسم البشري . واحدثوا تقدماً ادى ، عبر المنافسات بين المدارس والاشخاص ، الى وضع المجموعة الكبرى العظيمة مجموعة غاليان Galien . وبالمقابل لم يكن لارسطو ولثيوفراست من خلف جدير بهما في العلوم الفيزيائية والطبيعية التي ازدهرت وتكاثرت رغم كل شيء حتى تنتهي مخنوقة بالباطنية والسرية . وبسخرية اعتادها التاريخ ، احدثت الطريقة العلمية التي وضعها ارسطو وتلاميذه المباشرين النتائج الاكثر بروزاً ، في الفروع التي كان تطبيقها لها فيها هو الاقل اندفاعاً او الأقل نجاحاً ، وكان ذلك في اغلب الاحيان ، على حساب الافكار التي نادى بها مؤسسو هذه الطريقة .

الفصل الثاني

الرياضيات الخالصة والرياضيات التطبيقية

في حين ان تاريخ العلوم الصحيحة من الحقبة الهلينية Helléne ، لم يمكن اعادة تكوينه الا بناء على اسناد فقير ، ومتأخر عموماً ، فان القرن الثالث قدم لنا فجأة ثلاثة مؤلفات ضخمة محفوظة بحالة جيدة .

فقد برزت معزولة وفخمة مثل الهياكل الاغريقية Grecs في صحراء . وقد كانت شواهد محترمة على علم ظل منسياً لفترة طويلة . كما انها شكلت بالنسبة الى رياضيّي عصر النهضة النماذج التي جهد هؤلاء الرياضيون باتباعها . والتأثير الخيِّر عموماً ولكنه احياناً معيق ، والذي مارسته على الرياضيات الحديثة يبرر الدراسة التقنية التي سوف نقوم بها .

1 ـ اقليدس Euclide

هناك تراث ثابت منذ اربعة قرون يقول بان اول الرياضيين الهلينستيين Hellénistiques ، هو اقليدس ، الذي عاش في مطلع القرن السادس . ولا يوجد اي مستند ثابت يؤيد هذا الرأي الشائع . واول ذكر واضح منقول عن اقليدس ، لم يدرج فعلاً الا في مقدمة لابولونيوس Appolonius

وليس هناك من مانع عموماً ، يمنع من جعله سابقاً « لارخميدس » . ولكن ، امام بعض المقاطع من كتاب السراكوزي Syracusain (ارسطو) ، يمكن التساؤل هل كان اقليدس سابقاً مباشراً لارخميدس ام واحداً من معاصريه .

وعلى كل حال انه من دراسة اعمال اقليدس ، يجب ان يبدأ فحص الرياضيات « الاسكندرية » .

الهندسة المسطحة Géometrie Plane : ـ لقد تضمن هذا المجمل العظيم الاثر ، في المقام الاول كتاب « العناصر » وهو مؤلف ضخم من ثلاثة عشر كتاباً ساد ، حتى القرن الاخير ، في الرياضيات الاولية .

والعناصر يمكن ان تقسم الى خمسة اقسام: الجيومتريا المسطحة، مع دراسة الرسوم المتعددة

الجوانب او الدائرية وهي وحدها تؤلف الكتب الأربعة الاولى . ولم يؤت فيها على ذكر التماثل . وهذا المفهوم الاخير درس في القسم الثاني المتضمن الكتاب الخامس الذي يعالج في التجريد العلاقات والنسب ، والكتاب السادس ، تطبيق للكتاب الخامس ، في مجال الهندسة المسطحة Géometrie Plane .

وتشكل نظرية الاعداد الصحيحة موضوع القسم الثالث الذي يتضمن الكتب 9,8,7 ، أما الكتاب العاشر ، وهو اطول الكتب ، فمخصص لدراسة الاعداد الجبرية غير الجذرية ، والابسط . والقسم الخامس والاخير الذي يعالج الهندسة الفضائية Géométrie deL'Espace يتضمن الكتب 13,12,11 .

وقد اسبق اقليدس الكتاب الأول ، بتعاريف ، وبخمسة اسئلة او مطالب ، و« بمعلومات عامة» ، يختلف عددها بحسب الطبعات ، ومنها خمسٌ على الأكثر تعتبر صحيحة . اما المطلب الاشهر فهو الاخير :

« اذا رَسَمَ خطٌّ مستقيمٌ ، ساقطٌ على خطين مستقيمين ، زوايا داخلية ، من نفس الجهة ، اصغر من مجموع زاويتين مستقيمتين فان هذين الخطين ، ان مدا الى اللانهاية فانهما يلتقيان في الجهة التي فيها الزوايا صغرَ من زاويتين قائمتين » .

وهذه هي القاعدة البديهية المسماة قاعدة اقليدس ، والتي نفضل اليوم ان نصيغها بشكل اكثر تجريداً وهو الشكل الذي اعطاها اياه بليفير Playfair في القرن الثامن عشر : « من نقطة فوق سطح لا يمكن ان نجر الا موازياً واحداً لخط مستقيم » . وكانت هذه القاعدة موجودة في القرن الثالث قبل عصرنا ، وقد ظلت الى القرن الثامن عشر من عصرنا ، الشرط الضروري لتطبيق التحليل الرياضي على الجيومتريا . ونحن نعلم اليوم ان هناك عدة هندسات ابتدائية ممكنة Géometries élémentaires . ولكن لكي تكون الجيومتريات غير الاقليدية قابلة للتعبير وبالتالي مستخدمة ، فانه يتوجب امكانية استعمال الدالات Fonctions الدائرية والدالات الاسية Exponentielles . واليونانيون الذين لم يكن لديهم الا الجبر البابلي المتكيف مع الجيومتريا ، بواسطة تقنية تطبيق المساحات ، وجدوا ان من الواجب عليهم ، اما القبول ببديهية اقليدس او التخلي عن كل مبحث في الجيومتريا . والشيء الملحوظ ، هو انه امام هذه الضرورة الملحة لم يلجأ اقليدس الى الاستعانة بالحتمية او بالتأكيد او الاستنجاد بالحس العملي التجريبي ، ولكنه شعر بالحاجة الى اصدار بديهية « مسلم بها » . وهذه اول شهادة تاريخية على موقف رياضي خالص .

والمادة الموجودة في الكتاب الأول ، الذي يبدأ (ببديهية مموهة بشكل مسألة) ببناء مثلث متساوي الاضلاع ، وينتهي بالقاعدة حول مربع الوتر في المثلث القائم الزاوية (قاعدة فيثاغور) ، هذه المادة ، هي في مجملها قديمة جداً .

والكتاب الثاني القصير جداً يهتم باسس الجبر الجيومتري ، وهو آلة ضرورية للجيومتريا اليونانية . وهو بعد ان يقبل بجمع او فرق الخطوط المستقيمة ، يدرس العلاقات بين المستطيلات ذات

الارتفاع الواحد ، او المربعات المبنية على مجموع خطين او الفرق بين خطين . ويتضمن بشكل خاص ، تحت تسمية اصبحت منسية اليوم ، حلاً لمعادلاتٍ من الدرجة الثانية . وهذا الموضوع الاخير مستعاد بشكل اعم في الكتاب السادس حيث تساوى البارابولات Paraboles (القطع المكافىء) البيضاوية ellipse أو القطع الزائدية (ايبربول) Hyperbolé اي التطبيقات الناقصة او الزائدة دراسةً كاملة للمعادلة :

$$ax^2 + bx + c = 0.$$

ويعالج الكتاب الثالث ، التمهيدي جداً ، خصائص الدائرة . فهو يقرر بصورة خاصة ، وهذا حدث ملحوظ ، مفهوم الاس بالنسبة الى نقطة في علاقتها مع الدائرة ، دون استخدام التماثل ، وذلك بطرق تطبيق المساحات او الجبر الجيومتري . وتظهر دراسة المماس عند نقطة ، ولأول مرة في التاريخ ، مفهوم زاوية التماس ، وهو مفهوم رئيسي . والكتاب الرابع ، ذو الطعم الفيثاغوري يدرس رسم متعددات الاضلاع المنتظمة داخل الدائرة وحولها . وهو لا يبحث الا في المثلث المتساوي الأضلاع ، وفي المربع وفي المخمس وفي المسدس ، وفيها كلها تحل المشكلة بواسطة المسطرة والبيكار . ويتضمن هذا الكتاب ايضاً العمل الرائع وهو انجاح رسم المخمس ضمن الدائرة دون الاستعانة بالمماثلة . ومثل هذه التفصيلات هي التي تعرِّفُ بيد الفنان الكبير .

النسب : والقسم الثاني من العناصر اصعب بكثير. اننا نجد انفسنا في الكتاب الخامس امام احدى قمم الفكر الرياضي . ويمكن التأكيد بان هذا الكتاب لم يفهم حقاً ، ولم يتجاوزه احد الا منذ قرن تقريباً . وهو يبحث في فكرة العلاقة الموجودة في التعريفات الاربعة التجريدية التالية .

«[3] ان العلاقة هي نوع من وجود مقدارين متجانسين منسجمين في ما بينهما بحسب الكمية .
[4]ويقال ان المقادير ذات علاقة في ما بينها ، عندما يمكنها ، بعد ضربها ، ان تتصاعد بشكل متبادل [5] . ويقال ان مقادير هي بذات العلاقة ، الأول الى الثاني والثالث الى الرابع ، عندما تكون « المضروبات المتساوية » للاول وللثالث ، وكذلك المضروبات الاخرى للثاني والرابع هي بحيث ان المضروبات المتساوية الأولى تزيد ، كل واحد مقابل كل واحد ، على المضروبات المتساوية الثانية ، أو انها متساوية فيما بينها بآن واحد ، أو انها أصغر بآن واحد [7] . وعندما يتجاوز أحد مضروبات الأول مضروب الثاني ، وان مضروب الثالث لا يتجاوز مضروباً من الرابع ، عندها يقال بأن المقدار الأول له مع المقدار الثاني علاقة أكبر من علاقة الثالث مع الرابع » .

من هذه التعاريف المتنوعة، التعريف الرئيسي هو الرابع . انه يبدو هنا، بشكل مشروع جداً، في مظهره كتعريف . ولكن في الكتب 12,11,10,6, من المقرر ضمناً ان الخطوط المستقيمة والمساحات المسطحة ، والاحجام والزواية المستقيمة تفي بهذا التعريف . وارخميدس هو الذي شعر بوجود مطلب هنا اي مسلمة ، يجب حله ، لأن الزوايا المنحنية الأضلاع ، وبخاصة زاوية التماس لا تستجمع هذا التعريف. (1)

(1) راجع ايضاً ص 232 - 233 .

والتعريف 5 والتعريف 7 المجردين يتيحان اقرار نظرية العلاقات في كل عموميتها بشكل عالي الاناقة . انه معادل الفكرة الحديثة ، فكرة القطع التي ادخلت في القرن الماضي . ولا شيء يسمح بارجاع هذه النظرية الى ايدوكس Eudoxe ، باستثناء حاشية مغفلة .

والكتاب السادس مهم ولكنه تمهيدي ، ونجد فيه حالات تماثل المثلثات ، والقاعدة المسماة خطأ في ايامنا بقاعدة تاليس Thalès ، كما نجد فيه نسبية اقواس الدائرة الى الزوايا المركزية ، والزوايا المحصورة ضمن الدائرة ، والحل العام ، للمعادلات من الدرجة الثانية ومناقشتها بواسطة اساليب جيومترية خالصة . وبعد الآن اصبح الجبر الجيومتري متين التكوين ، وهو اداة مدهشة عرف ارخميدس Archimède وابولونيوس Apollunius كيف يستفيدان منها .

الحساب **Arithmétique** : تشكل كتب الحساب اقدم معالجة محفوظة لنظرية الارقام ، واكثرها دقة حتى مطلع القرن التاسع عشر . ولا يجب ان نفتش فيها عن حساب عملي بل عن جملة من ا راسات النظرية حول طبيعة العدد الصحيح .

والكتاب السابع في احكامه الأولى يبحث مجدداً في موضوع الكتاب الخامس ، اي في نظرية النسب ، انما فيما يتعلق بالنسب الجذرية وحدها ، والكتاب بمجمله ذو شكل قديم وقليل الدقة . وفي مجمله ايضاً يدرس هذا الكتاب العدد الصحيح انطلاقاً من الاعتبارات التالية : لما كان العدد مقداراً فهو يتمتع ، بدون اية حاجة الى برهان وبدون اية مسلمة تفسيرية ، بخصائص عامة ، خصائص المقادير . اي انه يبحث بصورة رئيسية ، بالوجود وبالوحدانية وبالانتقالية وبتشاركية المجموع . وانطلاقاً من هذه الخصائص الإيجائية ومن الصفة السرية في العدد الصحيح ، بنيت التبيينات والاثباتات .

وتعبر هذه الصفة السرية عن نفسها بقاعدتين اساسيتين ضمنيتين هما : ان الوحدة هي قياس كل عدد ، وتحت عدد معين لا يوجد الا جملة من الاعداد المتناهية ، وبقول آخر كل مجمل من الاعداد الصحيحة له عنصر اصغر منه ، وهذه الواقعة الاخيرة هي التي تتيح العثور على المقياس المشترك الاكبر بين عددين ، بواسطة حساب (الغوريتم) اقليدس . وهذا الحساب ، وهو اداة اساسية في النظرية التمهيدية للاعداد ، يبدو هنا ولأول مرة مرتبطا بالتبسيط التقريبي للنسب، كما استعمله لأول مرة أريستارك الساموسي Aristarque de Samos و«أرخميدس» . وهو نقطة الانطلاق في نظرية الكسور المستمرة التي سوف تلعب ابتداءً من القرن السابع عشر من عصرنا دوراً من الدرجة الأولى. ونجد في هذا الكتاب نظرية حول الاعداد الأولى فيما بينها والاعداد الأولى المطلقة، احتفظ بها تعليمنا الابتدائي بشكل مماثل تماماً. وتأتي بعدها نظريّة قصيرة حول المضاعف الاصغر المشترك .

اما الكتاب الثامن وهو الأكثر انسجاماً من الكتاب السابق ، فهو مخصص بكامله تقريباً للاعداد الصحيحة ذات التصاعدية الهندسية ، او بقول آخر انه مخصص للأسات الصحيحة في الكسور . وهدفه في التحليل الاخير ، وبوجه عام وضع حالات التجذر في الجذور العالية الرتبة سواء في العدد الصحيح او في الكسر . يتضمن الكتاب التاسع من جهة اقتراحات حول المزدوج والمنفرد ، مؤسسة على تحليلات موجزة جداً وغير مفهومة لو لم تكن مقرونة برسوم ، كما يتضمن من جهة اخرى

قواعد دقيقة جداً وجميلة جداً مثل القاعدة التي تقرر وجود عدد غير محدود . من الأرقام الأولى المطلقة او مثل القاعدة التي تبني الاعداد الكاملة « الاقليدية ».

الاعداد اللاجذرية : الكتاب العاشر هو الأوسع من بين الكتب الثلاثة عشر . وفيه 114 حكماً . وتتطلب قراءته من العالم الرياضي الحديث استعداداً جيداً وشجاعة اكيدة . ولكن قراءته مجزية . والموضوع العام هو تصنيف دقيق للاطوال الأولى غير الجذرية ، والناشئة عن تطبيق المساحات ، انطلاقاً من طول يؤخذ كوحدة (وهذه الكلمة الاخيرة ليست ملفوظة) . وهناك تعبير وحيد باقٍ في لغتنا ، كذكرى وحيدة عن عمل ضخم : كلمة مزدوج الحدين (Binome) الذي على نموذجه شكل علماء الجبر عندنا مثلث الحدود (Trinome) ومتعدد الحدود (Polynome) واراد البعض نسبة هذا الكتاب الى تيتيت Théé tète بطل كتاب (حوار) « ديالوغ »Dialogue . واذا كان العديد من الاحكام الابسط الموجودة في الكتاب يمكن ان ترد الى القرن الرابع ، فيبدو الكتاب في مجمله وكأنه عمل مصمم ودقيق ، ثقيل نوعاً ما ، صنعه حاذق في الرياضيات . ومؤلفه مفكر دقيق ورياضي محترف ، اقرب الى ابولونيس Apollonius منه الى ارخميدس . والطرح الاول ، الذي يمكن ان يرد الى « ايدوكس » ، هو اساس طرق الشمول والدقة التي سنتكلم عنها فيما بعد . وهذا هو الحكم :

« كميتان غير متساويتان . إن طرحنا من الكبرى قسماً اكبر من نصفها ، وان طرحنا من الباقي قسماً اكبر من نصفه ، وكررنا العملية ، فانه يبقى عدد يكون اصغر من اصغر مقدار من المقادير المقترحة ».

والاحكام الثلاثة التالية تستعمل حساب « ألْغوريثم » « اقليدس »: إمَّا ، (اذا كان هناك مبلغان قابلان للقياس فيما بينهما) من اجل العثور على مقياسهما المشترك الاكبر ، وإمَّا ، (عندما تبدو الألغوريتم L'Algorithme غير محددة) ، لكي نستنتج بان المبلغين غير قابلين للقياس . وبعدها تأتي بعض الاحكام العامة حول المقادير . وبعد هذا النوع من المدخل يقتصر البحث على اقسام (Segment) الخطوط المستقيمة . وقياساتها ، « سنداً للخط المتخذ كوحدة » تمثل بالنسبة الينا اليوم بالعبارات من الشكل التالي $\sqrt{\sqrt{a}+\sqrt{b}}$ حيث a و b هما من الاعداد الجذرية .. ويدرس اقليدس الحالات المختلفة التي يمكن فيها تبسيط هذا الشكل . ويستخرج منه تصنيفاً .

الفضاء : تبدأ مع الكتاب الحادي عشر هندسة الفضاء (Géométrie de L'space) . والقليل الذي يُعْرَفُ عَن اعمال ارشيتاس Archytase و«ايدوكس» توحي بان هذا الكتاب يلخص معارف القرن الرابع في هذا المجال مع بعض التعديلات التي حصلت في القرن التالي.

ومن بين التعاريف الاساسية توجد التعاريف التي تعنى بالكرة وبالمخروط وبالاسطوانة ، وهي تلجأ الى الحركة . ودوران نصف الدائرة حول قاعدته ، ودوران المثلث القائم الزاوية حول احد اضلاع الزاوية القائمة ، ودوران المسطيل حول احد جهاته ، كلها تولد على التوالي واحداً من هذه الاجسام . ومثل هذه الاعتبارات الحركية ، التي أدخلت من أجل تأمين استمرارية هذه الاشكال ، مبعدةٌ تماماً من كتب الجيومترية المسطحة .

والأحكام الثلاثة في البداية هي : « ان قسماً من الخط المستقيم لا يمكن ان يكون على سطح والقسم الآخر منه فوق هذا السطح » ، « واذا كان هناك خطان متقاطعان ، فهما ضمن سطح واحد ، وكل مثلث هو ايضاً في سطح واحد » ، « واذا كان هناك سطحان متقاطعان ، فان تقاطعهما يشكل خطاً مستقيماً » . وهي [اي الاحكام] مبيَّنةٌ بشكل غير كاف ، وهي في الواقع مجرد بديهيات . ولكن مجمل الكتاب ـ الذي يدرس مفهوم العامودية ومفهوم التوازي في المستقيمات وفي السطوح ، ثم احجام متوازيات الاضلاع ـ جيد الصناعة . ومن الممكن ان نلحظ فيه الغياب المطلق لمفهوم التوجيه (orientation) وكذلك للمفهوم المجاور له اي التناظر Symetrie .

ويدرس الكتاب الثاني عشر المساحات في الدوائر واحجام الاهرامات والمخروطات والاسطوانات والكرات . وهذه الدراسات تقتضي استخدام الوسائل اللامتناهية الصغر ، وهي ،بحسب شهادة « ارخميدس » الصريحة ، تعود الى « ايدوكس » .والاحكام المدرجة لا تعطي تربيع هذه المساحات او تكعيب هذه الاجسام الصلبة بل تكتفي بايراد نسبها : « ان الدوائر فيما بينها هي بنسبة مربعات قطرها » ، « وكل موشور Prisme ذو قاعدة مثلثة يمكن ان يقسم الى ثلاثة اهرامات متساوية فيما بينها ، « والكرات فيما بينها هي بنسب ثلاثة اضعاف قطرها » .

ومن اجل اقرار التوازي بين حجمين ، نبين ان الأول لا يكون اكبر ولا اصغر من الثاني وتقنية التبيين تقوم على ما يسميه الجيومتريون المناطقة من القرن السابع عشر بالشمول ، وبالاستنفاد . وهذه الطريقه المشرَّعة بالحكم الأول من الكتاب العاشر تدل في التحليل الاخير على ان الفرق بين حجمين ، اذا كان موجوداً يكون اصغر من كل فرق معين

الاجسام « الافلاطونية » : يُخصص الكتاب الثالث عشر وهو الجميل جداً والتقني جداً ، بكامله « للبوليدرات » (Pultèdres) الخمسة أو متعددات الأوجه الخمسة المنتظمة المعروفة من « افلاطون » . وفي القرن الثاني قبل عصرنا اضاف هيبسيكليس Hypsiclcès الى « العناصر » Éléments كتاباً رابع عشر يتناول المقارنة بين العشريني الأوجه وذي الاثني وعشرين وجهاً المحبوسة ضمن نفس الكرة . ويعترف الكاتب في المقدمة ان هذا الموضوع قد عولج من قبل آريستي Aristée ومن قبل ابولونيوس Appolonius . وقد اضاف البيزنطيون كتاباً خامس عشر مخصصاً للاجسام الافلاطونية . ومستواه متواضع . والقسمان اللذان يؤلفانه يبدو الأول وكأنه قد كتب في القرن الخامس من عصرنا والآخر في عصرٍ متأخر أيضاً .

الكتب الصغيرة او الضائعة : ان تأليف اقليدس لا يقتصر على العناصر وحدها وجدول الكتابات التي تُعزى اليه واسع . وبعض كتبه وصلت الينا، وبعضها الآخر ضاعت بكاملها تقريباً. نذكر من بين هذه الكتب الكتب ذات المنحى النظري، وفي مقدمتها «المعطيات» Données وهو نوع من التتمة لكتاب العناصر انما بشكل اكثر تحليلاً. ويتضمن الكتاب 94 حكماً. الأولى منها تقرر بعض الخصائص المتعلقة بالمقادير النسبية ، او بالتزايد النسبي ، أي بلغتنا الحاضرة ، تبحث في خصائص الدالة الخطية

الطولية (Fonction Lineaire) . والأحكام التالية ، يغلب فيها الطابع الجيومتري ، تبحث في الاشكال المتشابهة ، كما تبحث في تطبيق السطوح اي في حل المعادلات من الدرجة الثانية ، وتبحث في الدائرة . والكتاب يغلب عليه الطابع الابتدائي القوي .

ولكن الأمر بخلاف ذلك فيما يتعلق بالكتاب الضائع الذي يبحث البوريسمات (Porismes) [في الهندسة الأقليدسية : قاعدة غير كاملة . . .] . وقد احتفظ بابوس بوصف غامض نوعاً ما لهذا الكتاب . وانطلاقاً من هذه الشهادة ، حاول بعض الرياضيين المعاصرين امثال « روبرت بسمسون Simson وميشال شارل Michel Charles اعادة بنائه ، على اساس ان كل الاعمال من ذات النوع تتميز بطابع افتراضي ظاهر . ولكن يبدو من الثابت ، نوعاً ما ، ان اقليدس حلَّ في الكتاب الضائع عدة مسائل ذات علاقة بالجيومتريا الاسقاطية (Projective) وبنظرية الخطوط الاعتراضية ، كما كان يعالجها الرياضيون في النصف الأول من القرن الماضي . ونجد في هذا الكتاب بشكل خاص قاعدة ديزارغ Desargues حول المثلثات الإقترانية (Homologique) ، وقاعدة « بابوس » حول المسدسات المحبوسة ضمن مخروط متساقط الى خطين مستقيمين (أي متحول) . هذان الحكمان يلعبان منذ نهاية القرن التاسع عشر دوراً اساسياً في الجيومتريا الاسقاطية . وسوف نشير فيما بعد الى كتابين آخرين ضائعين . كتاب حول المخروطات وكتاب حول الاماكن فوق سطح ما .

II ـ ارخميدس

ارخميدس ولد في سيراكوس Syracuse وقُتل سنة 212 عندما استبيحت مدينته على يد الرومان ، وكان عمره على ما يقال 75 سنة . وعدا عن كتاباته الرياضية اشتهر « ارخميدس » باختراعاته الميكانيكية وبدفاعه الحكيم عن وطنه . اما لائحة كتاباته التي وصلت الينا فتتضمن ، مُرتبة ، ما امكن ، بحسب تواريخها :

1 — الكتاب الأول : في توازن السطوح .

2 — مذكرة حول تربيع (البارابول) (Parabole) [القطع المكافىء : (المورد)] .

3 — الكتاب الثاني من « توازن السطوح» .

4 — الكتابان حول الكرة وحول الاسطوانة .

5 — كتاب اللوالب الحلزونية .

6— كتاب أشباه المخروطات وأشباه الأكر .

7 —الكتابان حول الاجسام العائمة .

8— قياس الدائرة

9— الميدان او الحلبة Arénaire

10 - كتاب إلى آراتوستين Ératosthène حول « الطريقة » وهو نوع من الوصية العلية حيث يكشف جزئياً عن سر اكتشافاته .

وهناك مجموعة من الفرضيات (Lemmes) مترجمة عن اللغة العربية وهي بشكلها الراهن مزورة حتماً . ولكنها تتضمن احكاماً فخمة ولكن بدائية ، متعلقة ببعض اعماله الضائعة .

ويعطي « بابوس » قدراً من التفصيلات جول المتعددات الأوجه الثلاثة عشر ، نصف المنتظمة ، والتي يعود ابتكارها الى ارخميدس . ويُعزى اليه ايضاً كتاب هجائي « مسألة الثيران » ، التي تؤدي الى المعادلة غير المحددة ، ذات الاعداد الصحيحة : $(X^2 - 4\,729\,494\, y^2 = 1)$ حيث y وهي من الارقام الاكثر قابلية للقسمة على 9314. ونحتاج ، لكي نكتب في ترقيمنا القيم الصغرى ، من الاعداد المطلوبة ، الى 744 صفحة من كتاب قطعه 23 × 14 سنتم ويتضمن 2600 رقماً في الصفحة . ولا يعطي ارخميدس إلا عنوان المسألة . . .

الطريقة : يعتبر كتابه الى «آرتوستين»، حول «الطريقة»، والذي عثر عليه فقط سنة 1907، مفتاح اهم إكتشافات « ارخميدس » وبفضل هذه الرسالة ، وسنداً لترتيب مذكراته ، الموضوع بعد استعمال المقدمات ، يمكننا ان نتمثل تقريباً مسار فكره .

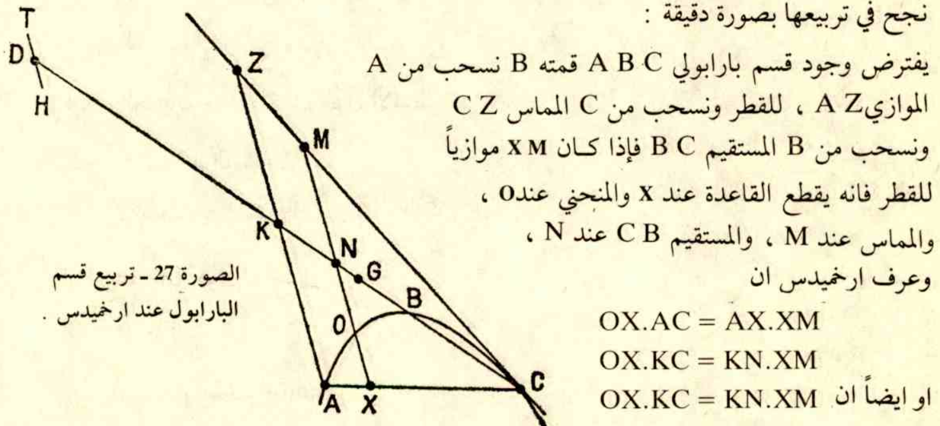
كان متآلفاً مع قوانين الستاتيك العملية (يجب ان لا ننسى ان « سيراكوس » كانت طليعة التقدم التقني) ، فَقَبِلَ بوجود مركز ثقل نوعي بالنسبة الى كل جسم وازن ، وفي الكتاب الأول من كتاب « توازن السطوح »، حاول اعادة تكوينٍ منطقيةً لهذه القوانين انطلاقاً من عدد ادنى من القواعد ، وقد برز موقفه الرياضي هنا . ولم يطبق عموماً الرياضيات على التقنية . بل بالعكس كانت التقنية هي ملهمة اعماله النظرية . وبعد ان وضع قانون العَتَلَةِ انتقل الى دراسة مركز الثقل النوعي في الرسمات المسطحة الاكثر بساطة ، وفي المثلث بصورة خاصة .

هذه البحوث اوحت له ببعض الملاحظات التي فتحت امام الرياضيات مجالاً من اغنى المجالات . وقد اشار الى ذلك في رسالته الى آراتوستين حول مَثَلِ قِسم « البارابول » ، وهو اول مساحة نجح في تربيعها بصورة دقيقة :

يفترض وجود قسم بارابولي A B C قمته B نسحب من A الموازي A Z ، للقطر ونسحب من C المماس C Z ونسحب من B المستقيم B C فإذا كان X M موازياً للقطر فانه يقطع القاعدة عند X والمنحني عند O ، والمماس عند M ، والمستقيم C B عند N ، وعرف ارخميدس ان

$$OX.AC = AX.XM$$
$$OX.KC = KN.XM$$

او ايضاً ان $OX.KC = KN.XM$



الصورة 27 ـ تربيع قسم البارابول عند ارخميدس .

هذه العلاقة اوحت له بوزنةٍ . ننتقل الى BK فنضع عليها : DK = KC ؛ ثم نضع Dعند XO . هذا القسم يوازن MX ، سنداً لقوانين العتلة . ولكن كل الخطوط XO تشكل سطح القسم البارابولي . وكل الخطوط MX تشكل سطح المثلث ACZ . وإذا فسطح القسم ، الكائن عند D ، او الذي مركزه النوعي عند D يوازي وزن المثلث AZCالذي بقي في مكانه ، والذي مركزه النوعي عند G ، في ثلث KC انطلاقاً من K . ومن هذا مساحة المثلث تساوي ثلاثة أضعاف مساحة القسم البارابولي .

في هذا الاستقراء القوي جداً الذي استعمله « ارخميدس » في كتابه لجملة من التربيعات والتكعيبات هناك حدثان تجب الاشارة اليهما . الحدث الأول هو استعمال الستاتيك في مجال الاكتشافات الجيومترية ، « وارخميدس » لم يكن محكوماً بمسبقات المتخصص المخلص ، وامسك بالمقارنات الخصبة بين مجالين مختلفين من العلم . والحدث الثاني هو تشبيه مساحةٍ ما بمجموع اقسام مستقيمة Segment ، وتشبيه الحجم بمجموعة من الاحجام المسطحة وتشبيه المستمر Continu عموماً بمجموع من اللآمتناهيات غير القابلة للقسمة .

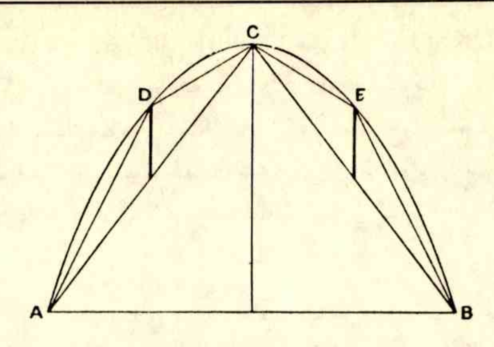
وعندما سلك كافاليري Cavaléeri في القرن السابع عشر نفس الطريق ، ظهرت الطريقة خصبة ايضاً . ولكن الايطالي اللبق بقي ، الى حدٍ ما اسير ما اكتسبه ، ولم ينجح في استكمال تحليله الاستقرائي ، بتركيبية دقيقة . هذه الخطوة الصعبة ، اجتازها ايضاً سابقه ، ونحن نجد هنا دليلاً واضحاً على ضخامة عبقريته .

القطع المكافىء (البارابول) او المقبب : - في تربيع المقبب يستبعد ارخميدس ، بصورة متتالية الصغوبتين . في تبيينٍ أول ، احتفظ بنفس الصورة التي تضمنها كتابه الى آراتوستان Eratosthène ، ولكنه لم يفكك (يجزىء) جزء البارابول الى عدد لا متناهي من المستقيمات . وضمنه هذا الخط ، وحضنه بسلسلتين من متوازيات الضلعين . ونقل تحليله عن طريقته في الاكتشاف ، وبينٌ عندئذٍ وهو يستعين بشمولية ايدوكس (Eudox (exhaustion ان القسم لا يزيد ولا ينقص عن ثلث المثلث .

وهذا التبيين الدقيق بقي مع ذلك مرتكزاً على مبادىء الستاتيك . ولم يكن ليرضي ارخميدس تماماً . وعندها قدم تبييناً جيو مترياً خالصاً ، متبعاً خطوة خطوة التبيين الذي استعمله ايدوكس في تكعيب الهرم .

يعتبر ACB مقطعاً (قسماً) من مقبب (بارابول Parabole) ، وCهي نقطة التماس بالنسبة الى موازي AB وDهي نقطة التماس لموازي ACوEهي نقطة التماس بالنسبة الى موازي BC . والمثلث ADC والمثلث CEB المتساويان مساحة كل منهما تساوي ثمن المثلث AC B .

اما السلسلة : ... + $\frac{3}{4}$ ذات الحد 1 + $\frac{1}{4}$ + $\frac{1}{16}$ (نحن نستعمل اللغة الحديثة) ، فقد بين « ارخميدس) ان القسم لا يمكن ان يكون لا اقل ولا اكثر من اربعة اثلاث المثلث ABC .



صورة 28 ـ تربيع المقبب من قبل ارخميدس

ويبحث الكتاب الثاني من « توازن السطوح » عن مركز ثقل الجاذبية في قسم المقبب (البارابول) . والتبيين ينقسم فيه الى عدة ازمنة . وهو مؤسس على تضمين نفس القسم (Segment) نفس السلسلة من المثلثات ، كما هو الحال في التربيع الجيومتري . فقد تقرر اولاً ان مركز الثقل واقع على قطر القسم ، وذلك بتحليل عقلاني مبني على الشمول . ويدل الاقتراح الخامس فيما بعد انه ، (اي المركز) اقرب الى القمة من مركز الصورة المرسومة في الداخل (Inscrite) . والتبيين هنا رائع انه ، مع بعض قواعد الكتب الحسابية لاقليدس ، احد الامثلة الأولى المشهود لها بتحليل استقرائي كامل بواسطة البرهان التراجعي (هذا اذا شاء المتعنتون المعاصرون ان يسامحوا اليونانيين لانهم لن يضعوا تبييناتهم حسب الاصول) : وعندئذٍ يُبَرْهَنُ على ان المسافة بين مركزي الثقل يمكن ان تُصَّغَرَ بمقدار المشيئة ، ثم ان مراكز القسمين ، قاطعي البارابول يتقاسمان القطرين بنفس النسبة التي حددتها القوانين بـ $\frac{3}{2}$.

الكرة والاسطوانة : في كتابه الى « اراتوستين » بيَّن ارخميدس كيف مكنه الستاتيك ان يجد علاقة الكرة بالاسطوانة المحيطة . ويضيف :

مِنْ تَفحص هذا المطلبِ وردت الينا فكرة ان السطح في كل كرة يساوي اربعة دوائر كبرى من دوائر الكرة . وبالفعل افترضتُ ، بما ان كل دائرة تساوي مثلثاً قاعدته محيط الدائرة وارتفاعه شعاعها، فان الكرة تساوي مخروطاً قاعدته مساحة الكرة وارتفاعه الشعاع ».

وقد خصص الكتاب الأول من الكتابين حول الكرة والاسطوانة لإقرار هذه النتائج بشكل دقيق . وهذا الكتاب هو من اشهر كتب ارخميدس : وهو يبدأ بنص القواعد التالية :

1ــ الخط المستقيم هو الخط الأقصر الذي يجمع طرفيه .

2ــ من بين خطين مسطحين محدودين يجمعان بين نقطتين معينتين واقعتين في نفس الجهة من خط الجمع ، واحدهما يحيط بالآخر يكون الخط المحيط هو الأكبر .

3ــ وكذلك بين السطوح ذات الحدود نفسها ، واذا كانت هذه الحدود مسحطة ، فالسطح هو

الاصغر .

4ــ من بين مساحتين محدودتين بنفس السطح ، واقعتين من نفس الجهة بالنسبة الى هذا السطح واحدهما يغلف الآخر يكون السطح المغلِف هو الأوسع مساحة .

5ــ ان مسلمة ارخميدس هي كما ذكرناها اعلاه .

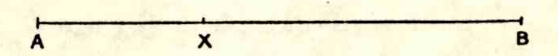
وبعد ارخميدس ومنذ العصور القديمة تؤخذ القواعد 1 و 3 كتعريف للخط المستقيم وللسطح ، ومنها مثلاً التعريفات المعزوة الى هيرون الاسكندري (Héron D'Alexandrie) . وإبتداءً من نشر كتب « اقليدس » من قبل كامبانوس Campanus في القرن الثالث عشر عُرِّف الخط المستقيم في اغلب الاحيان بانه اقصر طريق ، خاصةً في التعليم الفرنسي .

ويستنتج الجيومتري ، مستنداً على المسلمات الخمسة السابقة ، وباستدلال لطيف عن طريق **الاستنفاد** (Par Exhaustion)، ان المساحة الجانبية لمخروط او لاسطوانه مستقيمة اكبُر من مساحة هرم او موشور محَّوط Inscrit مساحته، ادنى من مساحة هرم او موشور محيط . من هنا تقدير المساحات الجانبيّة في المُخروط وفي الاسطوانة القائمة، تقديراً يعبر عنه بمقارنة مساحات الدوائر، وليس بواسطة صيغ او قوانين تستعين بالحسابات. مثل هذه القوانين لم تكن قد وضعت في تلك الحقبة الا في مجال الجيوديزيا Géodésie او الهندسة التطبيقية. وقد احتفظنا لمدة طويلة، في تعليمنا الابتدائي بمسار الاستدلالات المؤدية من هنا الى مساحة والى حجم الكرة.

ويعالج الكتاب الثاني من كتاب « الكرة والاسطوانة » مختلف المسائل بحسب طرق الجبر الجيومتري . وعندما يتعلق الامر بالعثور على كرة من نفس حجم مخروط او اسطوانة معينة ، فإن ارخميدس يرد المسألة الى دمج متوسطين نسبيين بين طولين معينين . وسوف نرى فيما بعد بقليل ، ابولونيس Apollonius في الكتاب الخامس من كتابه « المخروطات » يتصرف مثل « ارخميدس » . وهما لا يضيفان اي تعليق ، ويريان ان ادخال المتوسطين هو مسألة تافهة معروفة من الجميع تماماً . وهما لا يهتمان كثيراً بألاّ تحل هذه المسألة بواسطة المسطرة والبركار .

والمعلومات الاكثر دقة المتوفرة لدينا حول هذه المسألة الشهيرة قدمت لنا ضمن تفسير إيتوسيوس Eutocius لكتاب ارخميدس .

لقسمة كرة بواسطة سطح ذي قسمين احجامهما ذات علاقة معينة ، يقترح الهندسي فيما بعد قسمة الخط AB عند نقطة X بحيث تكون العلاقة بين AX وطول معين ، مساوية للعلاقة بين سطح معين ومربع (XB) او $\mathbf{AX} : m = n^2 : \overline{\mathbf{XB}}^2$ . .



وهو يعد بمعالجة هذه المسألة الجديدة فيما بعد ، ويشرح بانها عموماً ذات « تحديد » او

Diorisme ، ولكن لا شيء باقٍ من العمل الموعود به . وسكوت ارخميدس جزئياً مغطى من قبل « ايتوسيوس » الذي ذكر عدة حلول بواسطة تقاطع المخروطات ومن هذه الحلول حل يعتبره مأخوذاً عن « أرخميدس » .

ومع ذلك وتجاه المناظرات القائمة زمن «ارخميدس» بين رياضيي الاسكندرية ، وهي مناظرات بقي منها صدىً في مقدمة ابولونيوس ، ومنها نتساءل هل ان ارخميدس قد تفادى هنا مقاطع المخروطات ، وفضل عليها تقنيات مثل الميول Inclin aisons او « الانحرافات » ، والتي وقعت بعده في النسيان .

ويشير ارخميدس مجدداً الى هذه المسألة في كتابه حول الاشكال المخروطية وحول الاشكال الكروية . وفي ايامنا تترجم هذه المسألة بنمط واسع جداً من معادلات الدرجة الثالثة . اما المطلب الاخير فهو حالة من حالات ال Diorisme او « التحديدات » .

وهذا الافتراض يقرر انه من كل الاقسام (Segments) الكروية ذات المساحة الواحدة يعتبر قسم نصف الكرة حجماً اقصوياً Maximal .

الاجسام المخروطية والكروية : في الكتاب الذي عنوانه : « في المخروطيات والكرويات » نرى بروز ثلاثة اجسام جديدة في حالة الدوران . الجسم الكروي ويتولّد بدوران جسم بيضاوي على احد محاوره ، ويكون مسطحاً إذا كان محور الدوران هو اصغر محور ، ويكون مستطيلاً في الحالة المعاكسة . اما الجسم المخروط ذو الزاوية الواسعة المنفتحة فيؤخذ بدوران فرع من « القطع الزائد » (الايبربول)Hyperbole حول المحور العَرْضي ، ويعرف المخروط القائم بدوران « قطع ناقص » «بارابول» حول محوره . ويقترح ارخميدس - (الذي يعطي ، في كتابه الى آراتوستين Eratosthène ، العلاقة بين احجام هذه الاجسام وبين احجام المخروطات بواسطة احدى اساليبه الستاتيكية ، والذي يعين مواضع مراكز الثقل ، في اقسام المخروط المستقيم ، ونصف الكرة ، وفي القسم الكروي ، وقسم مشبه الكرة ومشبه المخروط ذي الزاوية المنفتحة) - هنا مقارنة الاحجام بواسطة الجيومتريا الخالصة .

وترتدي طريقته مظهراً يقربها بشكل عجيب من الحساب التكاملي الحديث . فهو يُدخل الاحجام التي تتطلب الدرس ضمن سلسلتين من الاسطوانات ، السلسلة الأولى متكونة من اسطوانات محبوسة ضمن دائرة والسلسلة الثانية من اسطوانات تحيط بدائرة . ولما كان الحجمان الاجماليان لا يختلفان فيما بينهما الا بمقدار اختلاف حجم الاسطوانة الاخيرة ، فإن هذا الفرق يمكن ان يصغر بقدر المشيئة . ولإنهاء التقييمات (التقديرات) يستعمل ارخميدس اللامعادلات الثالثية

$$\frac{n^2}{2} < 1 + 2 + 3 + \ldots + n < \frac{(n+1)^2}{2} \quad \text{و} \quad \frac{n^3}{3} < 1 + 4 + 9 + \ldots + n^2 < \frac{(n+1)^3}{3}$$

وبالإجمال يمكن القول انه قد أورد في هذا الكتاب ذكراً لمفهوم المتكامل المحدد . وطريقته الستاتية اوحت له بمبدأ التفكيك الى طبقات متوازية . وهذا المبدأ محرر من كل اعتبارات غريبة على الهندسة وهو مدموج من جهة مع حساب (الغوريثم) السلاسل العددية التي قدمها له تراث الاعداد

المجازية ، وهذا المبدأ يأخذ من جهة اخرى عن طريقة الاستنفاد الايدوكسية : Eudoxienn البنية الدقيقة التي تؤمن له كل قوته الإقناعية .

الاجسام العائمة: في الكتاب الأول حول الاجسام العائمة يضع ارخميدس اسس الايدروستاتيك Hydrostatique . ويلخص لاغرانج Lagrange في كتابه « الميكانيك التحليلي » ، هذا الكتاب تلخيصاً جيداً : « يضع ارخميدس هذين المبدأين اذ يعتبرهما من مبادىء التجربة . ويؤسس عليهما كل نظريته :

1— ان طبيعة السوائل هي بحيث ان الاقسام الأقل انضغاطاً تطرد من قبل الاقسام الاكثر انضغاطاً ، وان كل قسم هو دائماً مكبوس بكل ثقل العامود المتجاوب معه عامودياً .

2— ان كل ما هو مدفوع الى اعلى بواسطة سائل يبقى مدفوعاً بحسب الخط العامودي الذي يمر في مركز ثقله .

ومن المبدأ الأول يستنتج ارخميدس اولاً ان مساحة مطلق سائل تضغط اجزاؤه نحو مركز الأرض ، يجب ان يكون كروياً ، حتى يكون السائل في حالة توازن . وبعدها يبين ارخميدس ان الجسم الوازن بما يعادل حجمه من سائل مماثل يجب ان ينغرس فيها تماماً إذ ، اذا نظرنا الى هرمين متساويين من السائل المفترض انه في حالة توازن حول مركز الأرض ، فالهرم الذي لا ينغرس فيه الجسم الآجزئياً ، يضغط بصورة اكبر من الهرم الآخر على مركز الأرض ، او بشكل عام يضغط فوق سطح كروي مطلق نتخيله حول هذا المركز . وقد اثبت بنفس الطريقة ان الاجسام الاخف وزناً من وزن حجم مساوٍ من سائل ما ، لا يمكن ان تنغرز الا الى الحد الذي يكون فيه القسم الغارق قد احتل مكان حجم من السائل يعادل وزنُه وزن الجسم باكمله . ومن هنا يستنتج هاتين القاعدتين في الايدروستاتيك ، ان الاجسام الاخف وزناً من احجام متساويةٍ من سائل غطستِ فيه هذه الاجسام ، فهي تدفع من اسفل الى اعلى بقوة تعادل زيادة وزن السائل المتغير مكانه ، عن وزن الجسم المغطس ، وان الاجسام الاكثر وزناً تخسر في السائل قسماً من وزنها يعادل وزن السائل المحرك » .

ويستعمل ارخميدس فيما بعد مبدأه الثاني لكي يقرر قانون توازن الاجسام العائمة . فيبين ان كل قسم من كرة اخف من حجم مساوٍ من الماء ، اذا غطس ، يجب بالضرورة ان يتمركز بحيث تكون قاعدته افقية . ويرتكز تبيينه على إبراز انه اذا كان السطح منحدراً ، فوزن القسم الخارجي من السائل المنظور والمعتبر متمركزاً في مركز ثقله النوعي ، والدفع العامودي للسائل المعتبر ايضاً وكأنه متمركز في مركز الثقل النوعي للقسم الغاطس (هذا الوزن وهذا الدفع) يعملان دائماً على جعل الجسم يدور الى ان تصبح قاعدته افقية .

وفي الكتاب الثاني يطبق ارخميدسي نفس المبادىء على توازن قسم في « شبه مخروط مستقيم » ، او بحسب التعبير الحالي في قسم من « شبه بارابول » في حالة دوران . ومن المقبول ضمناً منذ بداية هذا الكتاب ان سطح الماء هو سطح افقي وان الاعمدة هي مستقيمات متوازية . ان الزخرفات حول

موضوع جديد والتي تشكل هذا الكتاب ليس لها اية فائدة . انها مجرد تمارين جريئة وانيقة وضعت لارضاء المؤلف وقراءة القادرين على فهمه .

اللوالب Les Spirales : يخصص كتاب اللوالب لدراسة منحنىً محددٍ من الناحية الحركية ويسمى لولب ارخميدس . وكل القسم من هذه المذكرة المتعلقة بالتربيعات ، معالج وفقاً لنفس العقلية السائدة في كتاب « اشباه المخروطات » وأشباه الكرات . وتحديد خطوط المماس يستحق الوقوف عنده ، لأن المؤلَف ، بهذا الشأن هو اقدم معالجة للحساب التفاضلي .

وبالنسبة الى الرياضيين اليونانيين ، يتكون المنحنى من تحرك نقطة . وهناك مثل مضروب بمناسبة تعريف اللولب . وهناك امثلة اخرى مقدمة بواسطة تربيعية هيبياس Hippias او دينوسترات Dinostrate وبواسطة المروحة الاسطوانية لابولونيوس Appollonius . ونجد من ذلك مثلا في القرن الرابع ، في إلحل الذي قدمه اشيتاس Archytas لمسألة المتوسطين المتناسبين مثل الحل الذي يذكره لنا ايتوسيوس Eutocius سنداً لشهادة ديوجين لايرس Diogène Laèrce : «استعمل «ارشيتاس»، اول من استعمل الحركة في الحلول وفي الأوصاف الهندسية» .

صحيح ان المخروطات قد عرفها ابولَونيوس Apollonius وكأنها اقسام مسطحة في مخروط ، ولكن هذه المساحة محددة مسبقاً بالحركة الدائمة لخط مستقيم . ومن جهة اخرى ، وفي كل النصوص اليونانية المعروفة يعتبر المنحني المسطح كلاً او جزءاً من الحدود بين منطقتين من السطح ، احداهما الصورة ، لا يمكن ان تتضمن إلَّا اقساماً من مستقيمات ، لا مستقيمات كاملة وغير محددة ، وهذا السطح هو على العموم مجال محدودب .

ان المماس على المنحني في احدى نقاطه هو خط مستقيم غير محدود يمر في هذه النقطة ولكنه ، يبقى ، على الأقل في جوار هذه النقطة خارجاً عن الصورة . ومثل هذا التصور يتطلب ، ليس فقط تبيين وجود مماس للمنحني ، عند نقطة ، بل يتطلب فوق ذلك إثبات اوحديته ان امكن . وهذا القسم الثاني من التبيين يقوم على اثبات ان اي خط آخر غير المماس ، يمر بنقطة التماس ، يدخل داخل الصورة . والرياضيون الثلاثة اليونان الذين عالجوا المسألة والذين وصلت الينا كتاباتهم : « اقليدس » بالنسبة الى الدائرة وابولونيوس بالنسبة الى المخروطات ، وارخميدس بالنسبة الى اللولب ، تقيدوا بهذا بدقة .

لقد اهتمت العصور القديمة بالمنحنيات اليسرى ، ولكن لا نمتلك اي نص يلمح الى مماسات مثل هذه المنحنيات . [التي تقع في اكثر من سطح] .

ويسكت ارخميدس عن التحليل الذي آتاح له العثور على مماس لَوْلَبه . الا ان القسم الدقيق لا يكمن هنا في هذا التحليل بل في التركيب الذي يعرضه عرض معلم .

ومن السهل نسبياً اثبات كون المستقيم المفترض انه مماس ، واقعاً خارج الصورة . انما من الاصعب اثبات انه الوحيد الذي يمتلك هذه الخصوصية . والتحليل الارخميدي Archimédien ، بالغ الاناقة والجمال الجيومتريين . ولكن الرياضي الكبير كعادته يطلب الكثير من قرائه . ولكي يثبت

مطلبه فهو يستبدل مسألة تجاوزية بمسألتين جبريتين من درجات اعلى من الدرجة الثانية . وهذا ما يسميه بالمحشورات (Intercalations) ، وهي حالات خاصة من النوزيس (Neusis) . وهنا يترك قارئه ، ذلك ان مناقشة هذه المسائل تبدو تافهة في نظره . وقد اخذ « بابوس » عليه ذلك ، ولكن من السهل ارضاؤه ، بابدال هذه المسائل ، بدورها ، باخرى من الدرجة الأولى ، وهذا ما نفعله اليوم عادة في الحساب التفاضلي .

ويعلن ارخميدس في مقدمته النتيجة الاساسية لدراسته : « اذا كان هناك مستقيم مماس للولب عند طرفه الحاصل في المقام الاخير ، واذا اقمنا على المستقيم الذي دار وعاد الى مكانه ، عند طرفه الثابت خطاً عامودياً حتى يلتقي بالمماس ، اقول ان المستقيم المجرور هكذا الى التلاقي يساوي محيط الدائرة » .

قياس الدائرة : يمكن القول ان رسالة « في اللولبات » ترتبط بالبحوث النظرية حول تقويم محيط الدائرة وتتعلق الرسالة الصغيرة « قياس الدائرة » بالبحوث العملية المتعلقة بنفس المسألة ، وفي هذا مثل جيد حول الجيوديزيا Gèodésie اليونانية ، او الجيومتريا العملية .

من المعروف ان الدائرة بالنسبة الى المصريين كانت تساوي المربع الذي يعادل ضلعه $\frac{8}{9}$ من القطر . وهذا يعني اعتماد قيمة $3\frac{1}{6} \simeq \frac{256}{81}$ والبابليون اعتمدوا في حساباتهم الأكثر دقة التقريب : $3\frac{1}{8}$ او Séxagésimale (وحسب الترقيم الستيني) 3.7.30 . ورغم عدم وجود اي مستند ، يمكن الظن انه خلال المحاولات المختلفة ، في التربيع ، اضطر اليونان الى اعتماد اعداد قريبة من الرقمين السابقين وان تقريبها كان جيداً الى حد ما . ويدل الكتيب الارخميدي ، في مطلب اولى ، انه بالنسبة الى الدائرة تتساوى مسألتا التربيع والتقويم وبصورة ادق ، اثبت بطريقة الاستنفاذ ان الدائرة تساوي المثلث المستقيم الذي احد اضلاع الزاوية القائمة فيه يساوي الشعاع، والضلع الأخر يساوي محيط الدائرة . والمطلب الثاني يبين انه اذا كان محيط الدائرة يساوي $3\frac{1}{7}$ من القطر فان الدائرة هي $\frac{11}{14}$ من مربع هذه الدائرة ، والمطلب الثالث يثبت اخيراً انه بكل دقة وفي المآل الاخير ، يقع محيط الدائرة بين $3\frac{10}{71}$ و $3\frac{1}{7}$ من القطر ، اي ان هذه القيمة الاخيرة البسيطة جداً هي تقريب بالزائد ، وعدم اليقين هو ادنى في معظمه من $\frac{1}{500}$.

ونقطة الضعف في المنطق الرمزي اليوناني اي فن الحساب والتي تقع في القرن الثالث هي عدم وجود كسور منهجية . في القرن الثاني استعان الفلكيون بالكسور « الستينية » البابلية ،فأمنوا لهذه الاخيرة استمرارية شبه مطلقة ، لاننا ما نزال نستعملها لقياس الزواية والوقت . وقد قام ارخميدس في هذا الكتاب باجراء حساباته مستعملاً فقط الكسور العادية .

وقد قام بذلك كعادته ، عادة المعلم الماهر ، ولكن دون ان يقدم أي تفسير تفصيلي . وعلى هذا ، ودونما اى حذر ، اعتمد كقيمة $\sqrt{3}$ القيمة الزائدة $\frac{1351}{780}$ والقيمة الناقصة $\frac{265}{153}$. وهذان الكسران يمتازان لانهما اختزالات من $\sqrt{3}$ الى كسر مستمر .

الترقيم آرينير Arénaire والرسالة الاخيرة التي يتوجب فحصها هي الآرينير L'arénaire، وتتعلق

بالمنطق الرمزي للاعداد الصحيحة او الترقيم. لقد استعمل اليونان اسلوبين في كتابة الاعداد. الاسلوب الأول ، هو النظام الاتيكي Attique ، المسمى احياناً بالهيرودي hérodien وكان شبيهاً بالنظام الروماني الذي استمر حتى ايامنا .

فالحروف I, II, 𐅄, H, X, M تساوي على التوالي 1 ,5 ,10 ,100 ,1000 ,10000 . أما ما نكتبه اليوم 61 ,14 ,50 ,2541 فكان يكتب عموماً :

Π I ; Δ IIII ; [Δ] ; XX [H] ΔΔΔΔ I

وكالنظام اللاتيني المتأخر ، لم يكن بامكان النظام « الاتيكي » والانظمة المشابهة ، لم تكن تساعد على الحسابات المعقدة قليلاً . وهذه الحسابات لم يكن بالامكان اجراؤها الا بواسطة الجداول او العدادات التي تستعمل فيها الفيشات .

ولكن ربما منذ منتصف القرن الخامس وخاصة ابتداء من القرن الثالث استعمل اليونان فيما استعملوا ترقيماً مكتوباً حاذقاً ذا موقع نصفي ، عشري ، مؤسس على المبدأ التالي : التسعة احرف الأولى من الابجدية اليونانية تمثل الاعداد التسعة الأولى ، وتسعة اخرى تمثل من العشرات التسعة الأولى ، والتسعة الاخيرة تمثل المئات الأولى .

أما الالوف فيبدأ بها بسلسلة الابجدية مع وضع اشارة تحت الحرف الى اليسار . من ذلك مثلاً :

α; ι; ρ; ͵α مقابل 1; 10; 100; 1 000. σοδ مقابل 274

أما الـ 10.000 فرمز اليها ورمز الى الميرياد بحرف = M . ومن ذلك ان 40.000 تكتب Mᵟ وهذا الترقيم تناولته التغييرات المتنوعة عبر العصور . اما الميريادات Myriades أو عشرات الالوف فيمكن ان تفصل عن الالوف بنقطة بسيطة ، كما في ديوفونت Diophante مثلاً :

مثاله : 3 069 000 مقابل τς.͵θ

واقترح ارخميدس تطوير هذا النظام في الترقيم نظراً لقلة سهولة استعماله بالنسبة الى نظامنا ، ولكنه كان كثيراً ما يستعمل في الحسابات ، وذلك لكي يقدر على تمثيل الاعداد الكبيرة جداً .

وقد استطاع التعبير عن عدد يساوي $10^{8 \cdot 10^{8}}$ اي الوحدة متبوعة بـ 800 مليون صفر . ودلل على اسلوبه بحساب عدد اكبر من عدد حبات الرمل الموجودة في كرة الثوابت . وتذرع بهذه المسألة لكي يعرض بايجاز واختصار النظام النجومي عند اريستارك الساموسي Aristarque De Sanos الذي سيدرس فيما بعد .

والطريق الذي دل عليه ارخميدس للوصول الى كتابة الاعداد الكبرى جداً لم يتبع ، بل فضلت عليه طريقة ابسط وضعها ابولونيوس والتي تستعمل تصاعدية بالميرياد .

واستُكمل الترقيم العلمي عند اليونان في علم الفلك ، بتبني الكسور الستينية ، فكان الاداة التي استخدمها كل الحاسبين وخاصة علماء الفلك الى ان تم استعمال ارقامنا المسماة بالارقام العربية . وحتى بعد استعمال الرياضيين العرب حساب المواقع ، فقد ظل علماء الفلك عندهم لمدة طويلة امناء

للاسلوب اليوناني بعد ان كيفوه وفقاً لابجديتهم . اما في الغرب ، وبعد قطع العلاقة بامبراطورية الشرق ، نجد امثلة من الحساب مجراة بواسطة الترقيم اللاتيني المتعِبَ .

III ـ ابولونيوس Apollonius

عاش « ابولونيوس البرجي » ،الجيومتري العظيم في اواخر القرن الثالث وبداية الثاني في الاسكندرية وفي افيزا Éphèse وفي برغام Pergame وكان مؤلفه الرئيسي « حول المخروطات » ، يتضمن ثمانية كتب . السبعة الأولى منها ما تزال موجودة حتى الآن ، اربعة باليونانية والثلاثة الباقية بالعربية .

اما اعماله الاخرى ، والعديدة جداً ، فنعرفها بشكل خاص بواسطة شروحات بابوس Pappus . وواحد منها فقط ، وهو الأول على اللائحة ، وصل الينا ، في صيغته العربية .

وهذه المؤلفات هي : « قسم العلاقة » او الصلة ، « قسم الفضاء » ، « القسم المحدد » « الانحرافات » ، « الامكنة المسطحة » ، « الاتصالات » ثم « الاوكيتوكيون L'Okytokion » وهو كتاب حسابي رمزي يبدو انه احتوى توضيحاً لنظام ترقيم الاعداد الكبرى، نظامٌ عملي أكثر من نظام ارخميدس . ويبدو انه هو الذي ساد عند اليونانيين . ونعرف ايضاً بفضل جمينوس Géminus ، كتاباً حول « البرغي » او المروحة الاسطوانية . ويذكر ماران Marin النيبولي Neapolis كتاباً « الرسالة الجامعة » ، يدرس ربما باسلوب انتقادي اسس الرياضيات ، وقد بقي منه بعض النتف ، اما في « شرح » بروكلوس Priclus للكتاب الأول من كتب « اقليدس » ، واما في « التعاريف » التي عزيت الى هيرون Héron .

دراسة المخروطات: في فصل سابق أشِيْرَ الى بعض التفصيلات التي نمتلكها حول بدايات دراسة «المقطوعات المخروطية» في مؤلف مانيشم Ménechme، واريستي Aristée و«اقليدس». ودراسة كتب ارخميدس تدلنا على ان النظرية كانت في زمنه متقدمة جداً . وكانت المخروطات تحمل ـ وابولونيوس Apollonius هو الذي ادخل التسمية الحالية ـ اسماء « مقطوعات المخروط ذي الزاوية الحادة » او (الاليبس) ، ثم « قَطْعَ المخروط ذي الزاوية القائمة » او « البارابول » ثم قطع المخروط ذي الزاوية المفتوحة او « ايبربول »Hyperbole . وقد رُدَّتْ هذه جميعاً في مبدأ الامر الى قطع المخروط الدائري ، بسطح عامودي على احد مولداته .

نفترض مثلاً المخروط ذا الزاوية الحادة بقمة S ، والمحور AL والمولد SA ، مقطوع بالسطح AMB العامودي على SA . من النقطة M المأخوذة على القطع الواجب درسه نسحب Mm العامودي عند النقطة m على السطح ASP أي على القطر PQ من القطع الدائري المار بـ M وعلى المحور AB من القطع الذي يهمنا .

من المعلوم انه سنداً لكتاب « العناصر » « لاقليدس » يتوفر المعادلة : $\overline{mM}^2 = mP.mQ$

ولكن $mP : BD = mA : AB$

و $mQ : AC = mB : AB$

ومنه : $\overline{mM}^2 : mA.mB = BD.AC : \overline{AB}^2$

ولما كان $BD : AB = 2\ AL : AC$

فالعلاقة يمكن ان تكتب ايضاً كما يلي :

$\overline{mM}^2 : mA.mB = 2\ AL : AB$

صورة 29 ـ النظرية الكلاسيكية في المخروطات قبل ابولونيوس

لقد اتبعنا خطوة ، في هذه الحسابات المسار اليوناني المؤسس على الجبر الهندسي والذي يعبر عن النتيجة بما يلي :

في مقطع المخروط الحاد ، تساوي نسبة مربع « المنتظمة »(Ordonnée)بالمقارنة مع المستطيل المتكون من الاحداثيتين « ابسيس » (Abscisses) الواقعتين على القطر ، نسبة مزدوج القسم من الخط الممتد حتى المحور ، الى القطر » .

وعندما يدرس اليوناني موقعاً في السطح ـ يمكنُه الجبرُ الجيومتري المرن حتى الدرجة الثانية ، وعبر تحويلات متتالية ، رد المعادلة (ونحن نستعمل هنا اللغة العصرية) الى شكل قانوني حيث يتعرف [هذا اليوناني] مثلاً على واحد من المخروطات الثلاثة . ومنذ هذه اللحظة تصبح استمرارية الموقع مقررة لأنها تُرد الى استمرارية المخروط الدائري المحدد حركياً .

ودراسة البارابول تدلنا على الدرجة العالية في تقدم نظرية المخروطات في عصر ارخميدس. نذكر ايضاً قاعدة القوة (Puissance) المسماة احياناً في ايامنا نظرية نيوتن والتي كانت معروفة من

« السيراكوسي ارخميدس » .

الكتب الاربع الأولى حول المخروطات : يُنهِج « ابولونيوس » في الكتب الاربعة الأولى من كتابه المخروطات ، ويعمم معارف سابقيه . والمقدمة العامة للطبعة الثانية من كتابه ،وهي الطبعة الوحيدة التي وصلت الينا تحتوي فائدة كاملة بهذا الشأن :

« من ابولونيوس الى « اوديم » ، تحية .

« اذا كانت صحتك جيدة ، وكان كل شيء آخر يجري كما تريد فانني اهنئك . اما نحن فاننا نسير جيداً . لقد شاهدتك في الفترة التي امضيتها في برغام Pergame معك ، تواقاً الى معرفة اعمالنا حول المخروطات . وارسل لك اذاً الرسالة الأولى بعد ان صححتها ، والبواقي تلحق عندما نرضى عنها . انك لم تنس ، حسب ما اعتقد ، ما قلته لك : هو انني وضعت هذه الرسالة بناءً على طلب من الهندسي « نوقراط »Naucrate ، في الوقت الذي جاء فيه الى الاسكندرية ، وقاسمنا اهتماماتنا . وبعد ان اكملنا تحرير الكتب الثمانية ، اعلمناه بها حالاً ، ولما كان مستعجلاً لأنه كان يوشك ان يبحر ، فلم نتمكن من استكمالها ، بل بالعكس لقد كتبنا كل ما حصل في ذهننا ، بغية العودة اليه لمراجعته فيها بعد . وننشر اذاً هذه الكتب ، الآن بعد ان توفر لنا الوقت ، تباعاً بعد تصحيحها . ولكن بما ان العديد من الذين نتصل بهم قد عرفوا ايضاً واطلعوا على الكتاب الأول والثاني ، قبل ان يعاد النظر بهما ، واذاً يجب ان لا تندهش من التغير الحاصل فيهما .

من هذه الكتب الثمانية تتبع الكتب الاربعة الأولى مساراً ابتدائياً . الأول يحتوي توليداً للقطوعات الثلاثة ومضاداتها . [فدعا الايبربول وقد درسا منهجياً معاً ، لأول مرة من قبل « ابولونيوس »] ، مع خصائصها الرئيسية ، والكل معروض بصورة اوسع وبشكل اكثر تعميماً مما هو وارد في الكتب الاخرى حول المادة . مثلاً يقطع [ابولونيوس مخروطاً ما ، مستقيماً اومائلاً ، قاعدته دائرية ، يقطعه بسطح ما] .

والكتاب الثاني يهتم بالقطر وبمحاور القطوعات وبالمماسات (Asymptotes) وغيرها من المسائل ذات الاستعمال العام او اللازم من اجل التحديدات . [التحديدات او مناقشة المسائل] ، وسوف تعرف من خلال الكتاب الأول ما هي الخطوط التي اسميها قطر والخطوط التي اسميها محاور . والكتاب الثالث يتضمن عدداً كبيراً من القواعد الفريدة التي تستعمل اما لتركيب المواقع الجامدة واما من اجل التحديدات ، وغالبيتها جديد وجميل ، ونحن عندما بحثناها كنا نعرف أن « اقليدس » لم يبحث في تركيب المكان ذي الخطوط الثلاثة او الأربعة بل بحث فقط في تركيب مطلق لقسم من هذا المكان ، وذلك بشكل تعيس نوعاً ما ، ذلك انه لم يكن بالامكان اجراء التركيب الكامل بدون ما عثرنا عليه من جديد . ويحدد الكتاب الرابع عدد الكيفيات التي يمكن للمقطوعات المخروطية ان تتلاقى فيما بينها ومع محيط دائرة . كما يتناول هذا الكتاب الرابع ، فضلاً عن ذلك ، مسائل اخرى لم يعالج ايَّة منها احد ممن سبقنا ، كما يعالج ، عدد النقاط التي يمكن لقطع مخروطي اولمحيط دائرة ان يلتقي فيها قطوعات معاكسة .

والكتب الاخيرة تبحث في نظريات اكثر تعمقاً : احدها [اي احد الكتب] يبحث في تجذير

الاعداد الدنيا Minima والاعداد القصوى Maxima ، وآخر يبحث في التعادل والتشابه في القطوعات المخروطية . والكتاب التالي يبحث في قواعد التحديدات ، والكتاب الاخير يبحث في مسائل محددة حول المخروطات . وفي الاخير ، عندما تنشر كل الكتب ، يسهل على من يدرسها ان يقيّمها بحسب ما يرتأي . تحية » (ترجمة ـ ب ـ تانيري) .

ويلمح ابولونيوس ، في النص السابق ، الى الامكنة ذات المستقيمات الثلاثة او الاربعة . ونالت هذه الامكنة شهرة كبيرة في القرن السابع عشر ، ودراستها هي في اساس هندسة « ديكارت » . وقد عرضها علينا « بابوس » بالتفصيل :

« ان سحبنا من نقطة واحدة خطوطاً مستقيمة بزاوية معينة ، لملاقاة ثلاثة مستقيمات معينة الموقع ، واذا كانت نسبة المستطيل ـ المحصور تحت خطين من المستقيمات المسحوبة على هذا الشكل ـ الى المربع المستقيم الاخير معينة ، فان النقطة تقع في موقع جامد معين الموضع ، اي انها تقع فوق واحد من الخطوط المخروطية الثلاثة . ومن جهة اخرى ، إذا سحبت المستقيمات من زاوية معينة لتلاقي المستقيمات الاربعة المعينة الموضع ، وإذا كانت نسبة المستطيل ـ المحصور تحت خطين من المستقيمات المسحوبة ـ الى المستطيل المحصور تحت المستقيمين الآخرين معينة ، فالنقطة تقع كذلك في قطع مخروطي معين الموضع » .

وتعلمنا المقدمة الخاصة للكتاب الرابع ان هذا الكتاب يتضمن مادة كتاب وضعه كونون Conon ، الرياضي والفلكي من الاسكندرية ، صديق ارخميدس . وقد انتقد نيكوتيل Nicotèle من سيريني Cyrène ، الذي لا نعرف عنه شيئاً آخر ، قيمة وفائدة هذا العمل الذي وضعه كونون Conon . ونحس هنا بصدى النشاط العلمي الكبير الذي كان سائداً في تلك الحقبة .

الكتب الأربع الأخيرة : لم يعرف الكتاب الخامس ولا الكتابان التاليان في الغرب إلا في منتصف القرن السابع عشر. والترجمة الأولى اللاّتينية لم تنشر عنها إلا في سنة 1662. ومن عجيب الصدفة، ان توصل هويجن Huygens الى اختراع نظرية المنحنيات المتجذرة. ويعالج الكتاب الخامس نفس المسألة بعقلية مختلفة جداً ففي حين توصل الهولندي العبقري الى اكتشافه من خلال بحث رياضي تطبيقي توصل اليوناني الى اكتشافه بمناقشة دقيقة لمسألةٍ جيومترية خالصة. وهذا ما اورده بهذا الشأن: «لقد ادخلت في هذا الكتاب الخامس مطالب متعلقة بالمستقيمات القصووية والادنوية ، ويتوجب عليك ان تعرف ان سابقيّ ومعاصريّ لم يلامسوا الا سطحياً البحث في المستقيمات الاكثر قصراً، واثبتوا فقط ما هي المستقيمات المماسة للقطوعات، وبالعكس اثبتوا ايضاً خصائصها كمماسات. اما انا فقد برهنت على هذه الخصائص في الكتاب الأول (دون ان استعمل ابداً، في البراهين، نظرية الخطوط الاكثر قصراً)، وذلك بمقدار ما كنت ارغب في وضعها في اتصال وثيق مع القسم من الموضوع الذي اعالج فيه ايجاد ثلاثة قطوعات مخروطية. واردت ان ابرهن انه في كل من هذه القطوعات الثلاثة تظهر خصائص ونتائج عديدة وضرورية ذات علاقة بالقطر الاعتراضي الاصلي . وقسمت المطالب التي ناقشت فيها الخطوط الاكثر قصراً الى طبقات وعالجت كل حالة بتبيينٍ فائق العناية .وربطت ايضاً البحث فيها بالبحث في

الخطوط الاكثر طولاً لأني اعتبرت ان الذين يعتنون بهذا العلم محتاجون اليها من اجل التحليل ومن اجل تحديد المسائل، كما من اجل التركيب. والموضوع، هو واحد من المواضيع التي تستحق الدرس بذاتها».

وهذا الكتاب هو واحد من الروائع الرئيسية في الجيومتريا اليونانية . مع الكتاب الخامس من عناصر اقليدس ، ومع الرسالة حول المنهجية الى اراتوستين ، ومع كتاب اللوالب لارخميدس . وبلغ ابولونيوس في « الكتاب » الثاني حول الكرة وحول الاسطوانة احد ذروات الجبر الجيومتري .وقراءته صعبة . واعتمد ابولونيوس انشاءاً تركيبياً دقيقاً . الا ان الوسائل المستعملة ذات بساطة فريدة ولكنها استعملت بمهارة مدهشة .

والموضوع هو التالي : جُرَّ ، من نقطة في سطح ، خطاً عامودياً على مخروط . ويتم بناء هذا العامودي ، بتقاطع المخروط المعين مع « خط هذلولي » مع « ايبربول » متساوي الاضلاع : هو « ايبربول » ابولونيوس . ويناقش الموضوع بعناية . والنقاط الفريدة التي منها ـ بدلاً من اربعة مستقيمات عامودية ـ لا يمكن ان نسحب الا ثلاثة (اثنان منها يختلطان) ـ تبنى باسلوب يقوم على افتراض انها تتوافق مثلاً مع المعادلة : $(ax)^{2/3} + (by)^{2/3} = (a^2 + b^2)^{2/3},$

في حالة الأليبس (اهليلج : شكل بيضاوي) : $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1.$

ويستنتج الرياضي العصري من هذا وجود خط هو متجذر المخروط . ولم يستعمله ابولونيوس لانه لم يجد حركة تتيح رسم المنحني . ونشير ايضاً الى الكتاب السابع وفيه نظريتا ابولونيوس حول القطر المتزاوجة مع المخروطات ذات المراكز .

كتب اخرى لابولونوس : حملت الكتب الضائعة للجيومتري «ابولونيوس البرجي» الرياضيين في قروننا السادس عشر والسابع عشر والثامن عشر على وضع بناءات ناجحة نوعاً ما، ولم نعرفها إلاَّ من خلال ما قيل عن بابوس Pappus . في الكتابين حول «قطع الرابط» لا بد ، في حال وجود مستقيمين ، مع نقطة فوق كل واحد منهما، ونقطة خارجية، يتوجب سحب خط من هذه النقطة الاخيرة يقطع، فوق الخطين المعينين ، اجزاءاً لها في ما بينها علاقة معينة . وفي « مقطع الفضاء»، تبقى المعطيات كما هي ، ولكن المستطيل المبني على الجزئين يجب ان يكون ذا مساحة معينة . ويتعلق هاذان الكتابان عموماً بخصائص مماساتية مخروطية ، والأمكنة الثابتة ترتد بالعكس الى خصائص دقيقة في هذه المنحنيات .

اما الكتابان المتعلقان « بالقطع المحدد » فهدفهما بحسب قول بابوس مسائل اخرى من النمط المماثل تدخل في ايامنا في الجبر من الدرجة الثانية ، وكان الجبر الهندسي اليوناني قادراً تماماً على حلها .

ويتناول الكتابان حول « الانحرافات »(Inclinaisons) تقنية اعملها ارخميدس في كتابه حول اللوالب . فلو فرضنا وجود خطين مستقيمين او دائريين ونقطة ، يسحب من هذه النقطة مستقيم بحيث ان الخطوط المعينة تقطع من هذا الخط المستقيم جزءاً ذا طول معين . ان مثل هذه المسائل الجبرية اذا

وضعت بشكل معادلات فانها ترتفع في معظمها فوق الدرجة الثانية . وهي بالتالي وبحسب التعبير اليوناني مجسمات درجة ثالثة ودرجة رابعة او هي خطية مستقيمة (فوق الدرجة الرابعة) . وسنداً لبابوس ، يبدو ان كتاب ابولونوس يبحث بعض الحالات التي يكون فيها التقاطع سطحياً (الدرجة الأولى او الثانية) .

بافتراض وجود ثلاثة عناصر اخذت من بين نقاط او مستقيمات او دوائر ، يهدف (كتاب الاتصالات) الى رسم دائرة تمر في النقط المعينة وتكون مماسة لمستقيمات ولدوائر معينة . واول اعادة تكوين لهذا الكتاب جربها فيات Viète .

ويعالج الكتابان حول الاماكن المسطحة الامكنة الهندسية المستقيمة او الدائرية . وبلغة جيومترية حديثة يلخص قسم كبير من الكتاب الاول كما يلي : تشابه الاوضاع ، الانتقال ، الدوران ، التشابه ، والقلب ، وكلها تحول مكاناً مسطحاً الى مكان آخر مسطح . وقد بين ، اضافة الى ذلك ، في هذا الكتاب ان مكان النقط ، التي مسافاتها عن خطوط معينة ، (مهما كان عددها) ، لها فيما بينها علاقة شبيهة معينة ، تشكل خطاً مستقيماً . يتضمن الكتاب الثاني أمكنة النقط التي يكون فرق مربعاتها مسافاتها أو أبعادها من نقطتين ، ثابتاً ، أو التي تكون علاقة مسافاتها عن هاتين النقطتين معينة ، أو حتى المربعات التي مسافاتها عن نقاط كثيرة معينة ولها في ما بينها علاقة مماثلة .

IV ـ الهندسة الكروية وعلم المثلثات

الى جانب القطوعات المخروطية ، يمكن اعطاء الرياضيات اليونانية ، فضل انشاء علم المثلثات ، ولكن التطور هنا كان اكثر بطئاً . ذلك ان الاداة المدهشة ـ التي هي الجبر الجيومتري هذا التحويل او التحريف اليوناني للجبر الرقمي البابلي ـ اذا كانت مطواعة ومدهشة لدراسة الجيومتريا المسطحة ، بما فيها دراسة المخروطات ضمناً ، الا انها غير فعالة في دراسة الجيومتريا الكروية وبنتها علم المثلثات . وكان لا بد من خلق وسائل جديدة . وسوف نرى كيف توصل الرياضيون اليونان الى حل هذه المسألة الجديدة .

الكرويات : ادى اكتشاف كروية السماوات والأرض ،منذ القرن الرابع الى انشاء علم جديد هو علم الكرويات. ويدل كتاب «اوتوليوس» حول «الكرة المتحركة» وكتاب «اقليدس» حول «الظاهرات» على وجود اكيد، في مدرسة « ايدوكس » لكتاب متداول حول الكرة الثابتة.

هذان الكتابان يضعان، بطرق بدائية علاقات لا مساواة، بين ازمنة بزوغ وغروب اشارات فلك البروج وغيره من المطالب المماثلة. وانطلاقاً من هذه العلاقات، تتيح الوسائل البابلية كما استعملها هيبسيكلاس Hypsiicles في بداية القرن الثاني، في كتابه المسمى «المصاعد»، حسابات فلكية بدائية وفجة، ولكنها على كل حال مرضية الى حد ما.

وهذا يفترض بعض المعارف حول جيومترية الكرة . ويبقى امامنا كتاب ابتدائي حول هذا

الموضوع ، وفيه ثلاثة ابواب لتيودوز Théodose ، تعود الى مئتي سنة تقريباً قبل المسيح ، ولكنها تنقل تراثاً اقدم . ويدرس كتاب « تيودوز » ـ وهو ابتدائي خالص ، ومأخوذ في بعض المواضع من عناصر « اقليدس » ـ الخصائص الابسط لمختلف الدوائر المرسومة فوق كرة .

والى هذا الحد ، اذا كان هناك كرة ، ولو بدائية ايضاً ـ لا يوجد علم مثلثات . في هذه الاثناء نشعر ببدايات هذا العلم الجديد عن ارستارك Aristarque ، وفي كتاب آرنير Arénaire « لأرخميدس » وفي علم البصريات (الأوبتيك) Optique المنسوب الى اقليدس ، وفي التربيعية لدينو سترات Dinostrate الواردة عن « بابوس » . وبصورة خاصة نلاحظ فيها مطلبين نعبر عنهما في ايامنا بما يلي : (اذا كان الصفر اصغر من المجهول الذي هو اصغر من نصف بي: $0 < x < \pi/2$) فان فتحة الزاوية (سينوس) Sinus $x : x$ تكون تنازلية . والدالة طماس $x : x$ تكون متصاعدة .

الاسقاط الستيريوغرافي Stéréographique:يعزى ايضاً الى ابولونيس Apollonius اكتشاف الاسقاط «الستيريوغرافي» (او الترجيل) للكرة فوق سطح . وهناك مطلب في كتابه الأول حول المخروطات يُعِدُّ، على الأقل لهذا الاكتشاف ، فيعد مفتاحه ، وهو اكتشاف يعزوه سينوسيوس Synesius السيريني Cyrène الى ايبارك Hipparque المتأخر قليلاً عن الجيومتري الكبير. والاسقاط الستيريوغرافي او التسطيحي استعمل في بناء هذه الآلة المدهشة التي هي الاسترولاب Astrolabe (اسطرلاب) المسطح الذي حفظ لنا فيلوبون Philopoun من القرن الخامس من عصرنا ،عنه وصفاً، وان العرب قد استعملوه بعد اليونان . وتحمل قطعة من الجهاز اسم العنكبوت . وهذه حجة لرد بناء الجهاز واختراع النظرية الى ابولونيوس بالذات . ويضيف فيتروف Vitruve بهذا الشأن بعد ان عزا الى « ايدوكس » اختراع ساعة رقاصة تسمى عنكبوت ، انه سنداً للبعض يجب عزو هذا الاكتشاف الى ابولونيوس . ومهما كانت بارعة نظرية الاسقاط الستيريوغرافي ، فهي تعتبر اليوم حالة خاصة في الانقلاب في الفضاء، وهي لا تغني عن الحساب .

ولكن بناء جدول بخطوط الدائرة ، وهي آلة اساسية في علم المثلثات ، يعزى الى ايبارك Hipparque . نحن لا نعرف الكثير عن الاسس التي بني عليها هذا الجدول ، ولكن هناك مطلب في « معطيات » اقليدس وهو المطلب 93 في الطبعات المشكوك بها ، ربما كان قد استخدم فيها . وعلى كل حال يتيح هذا المطلب تبرير بناء جدول بالجيوب (سينوس) قدمه الرياضي الهندي عاريابها Aryabhata في بداية القرن السادس من عصرنا . ونحن ما نزال على كل حال في مجال الافتراضات القوية . ولكن في اواخر القرن الأول من عصرنا ، وصلنا مع مينلاووس Ménélaos الاسكندري الى البراهين الأكيدة .

ما قدمه مينيلاووس Ménélaos: كتب هذا الفلكي الذي اجرى ارصاداً في روما سنة 98 ب. م كتاباً ضاع حول حساب الاوتار مؤلفاً من ثلاثة كتب هي «الكرويات» (أو الأكر) وصلت الينا بفضل التراث العربي.

(*) الستيريوغرافيا : فن تصوير الاجسام الصلبة على سطحٍ مستوٍ .

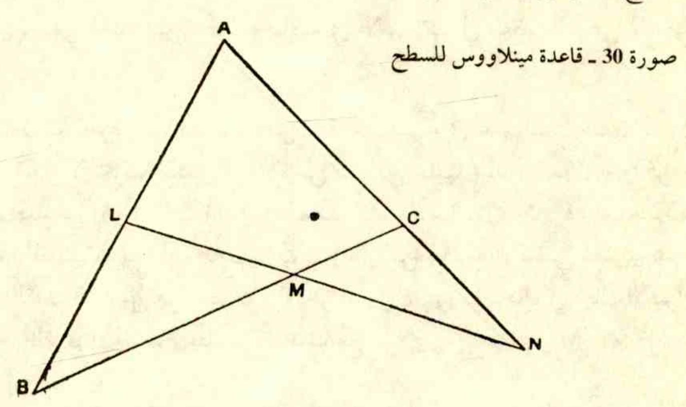
يتضمن الكتاب الأول من « الكرويات » كل الجيومترية الأولى غير الاقليدية ، وذات البعدين ، كما يتضمن الجيومترية الكروية . وبرز فيه الدور المميز الذي لعبته الدوائر الكبرى ،دور يشبه دور المستقيمات في السطح . وحددت فيه المثلثات الكروية المسماة مثلثات السطوح ، وهي رسوم ذات ثلاثة اضلاع ،ونجد فيه ايضاً مختلف حالات التساوي بين هذه المثلثات ، كما نجد فيه العلاقات اللامساواتية بين اضلاعها او زواياها . وفيه لا يميز السيمترية او التناظر عن التساوي او التعادل .

اما الكتاب الثاني فهو اقرب الى علم الفلك الخالص . والكتاب الثالث يتضمن علم المثلثات الكروية ، وهو علم اهتم به اليونانيون بشكل منهجي . ويقوم علم المثلثات هذا على قاعدتين تسميان باسم مينيلاووس Ménélaos الأول يتعلق بالسطح والثانية تتعلق بالكرة .

نفترض مثلاً مسطحاً ABC مقطوعاً بالقاطع LMN . وتحت تعابير تختلف قليلاً عن تعابيرنا . ننص القاعدة على ما يلي : $(BM \div CM)(CN \div AN) = BL \div AL$ هذا المطلب الاول من قاعدة المعترضات (Transversales) ربما يرد الى كتاب « بوريسم » (Porismes)لاقليدس . واستعماله من قبل « مينيلاووس » من اجل اقرار المطلب المماثل حول الكرة يجعله هنا مفيداً وخصباً .

وإذا كان ABC الآن مثلثاً كروياً ، و NMLقوس دائرة كبيرة ، يقرر الجيومتري اليوناني : الوتر 2LA ÷ الوتر 2LB =الوتر (2NA ÷الوتر 2NC) × (الوتر 2MC ÷الوتر 2MB) .

يستنتج « مينيلاووس » في كتابه نتائج عديدة من مطلبه الذي سوف يبقى طيلة عدة قرون مفتاح الزاوية في علم المثلثات ، هذا العلم اليوناني ، الذي لن يجد اسمه المستمر من اليونانية إلا في فجر القرن السابع عشر من عصرنا .



صورة 30 ـ قاعدة مينلاووس للسطح

ما قدمه بطلموس :ان البناء المحفوظ بصورة فضلى في علم المثلثات الهليني Héllénistique موجود في الفصلين 9و 11 من الكتاب الأول من«التركيب الرياضي»«سنتاكس Syntase ماتماتيك» او « المجصطي » Almegeste « لبطليموس » وهو كتاب من النصف الثاني من القرن الثاني من عصرنا .

هذا هو مطلع الفصل التاسع : « تقدير المستقيمات المحبوسة ضمن الدائرة . ولسهولة التطبيق ، سوف نبني الآن جدولاً بقيم هذه المستقيمات ، فنقسم محيط الدائرة الى 360^0 . وكل الاقواس في جدولنا تتصاعد بمقدار نصف درجة دائماً ، ونعطي لكل من هذه الأقواس قيمة الوتر الذي يحمله ، مُفْتَرضين ان القطر مقسوم الى 120 قسماً . وسنرى بالاستعمال ، ان هذا العدد هو الاسهل تطبيقاً ، الذي يمكن اختياره . وسوف نثبت ـ بدءاً ـ ، وبواسطة عدد (هو الاصغر) من القواعد التي لا تتغير ، كيف يمكن بناء طريقة عامة وسريعة للحصول على هذه القيم . ولن نكتفي بالجدول الذي نأخذ منه هذه القيم دون ان نعرف نظريتها ولكن سوف نسهل ادوات وضعها موضع التجربة والتأكد منها ، وذلك باعطاء طرق او مناهج البناء . اننا نستعمل عموماً الترقيم « الستيني » حتى نتفادى مضايقات الكسور . وفي عمليات الضرب والقسمة نأخذ دائماً النتائج التقريبية ، بشكل يجعل ما نهمله ، غير معيق او مانع من الصواب » . (ترجمة ن ـ هلما) (N.Halma) .

وبعد اعطاء بناء انيق ـ مرتكز على النتائج المعروفة في عناصر « اقليدس » ـ ، لاضلاع المخمس او العاشري ، المنتظمين المحبوسين ضمن الدائرة ، يحسب « بطليموس » هذه الاضلاع فيجدها على التوالي سبعين جزءاً و′32 و″3و 37جزءاً و ″4و″55 . ويعطي ايضاً اضلاع السداسي المنتظم والمربع والمثلث المتساوي الاضلاع .

وليذهب بعيداً ، يقرر ، وفقاً لاسلوب بقي كلاسيكياً ، المطلب الذي ما يزال يحمل اسمه ، حول الرباعي الوجوه المقبب المحبوس : « ان حاصل ضرب المعترضين يساوي مجموع حاصل ضرب الاضلاع المتواجهة » . وهي قاعدة ربما ترجع الى «مينلاووس» وربما الى اعلى . وبعدها اصبح بامكانه حساب وتر الفرق (بين) او مجموع القوسين المعروفيّ الأوتار ، ثم وتر نصف القوس المعروف وتره .

« هذه القاعدة تستخدم للعثور على غالبية الاوتار الاخرى الممدودة (من تحت) وذلك بأخذ انصاف الاقواس المعينة . . . ولكن سوف نجد بالحساب ان الوتر المحدود التحتي من درجة ونصف (او نصف) يتضمن الى حدٍ قريب جداً : جزءاً واحداً ′34و ″15من الاجزاء التي قطرها يضم 120 وان الوتر المؤلف من $\frac{1}{2}+\frac{1}{4}$ يتضمن صفر جزء و ′47و″8 » .

ولما كان لا بد من اجل حساب الوتر المؤلف من درجة واحدة ، من اللجوء الى الالحاق والاستكمال فقد بين « بطليموس » بفخامة المطلب المعروف عن « اريستارك » وعن « اقليدس » والذي يرد باللغة الحديثة الى التأكيد ان « جيب » (سينوس) $X \div X$ هو دالة متناقصة من القوس . وعندها نبين بالمقارنة بالاقواس من درجة ونصف ومن $\frac{1}{2}+\frac{1}{4}$ من الدرجة ، ان الوتر من درجة واحدة هو بآن واحد ادنى واعلى من جزء واحد و′2 و″50 ، وإذاً فهذه القيمة هي التي سوف يعتمدها بطليموس .

وللتثبت من صحة هذا الحساب نماثل طول الوتر بطول القوس ونضرب بـ 360 كي نحصل على محيط الدائرة . ونجد بالنسبة الى π القيمة التي اختارها بطليموس وهي °3 و′8و″30 (او $3+\frac{1}{20}+\frac{8}{60}$) وهي قيمة تساوي تقريباً الرقم الذي نعتمده وهو (3.1416) . وهذه القيمة ذات اعتبار

بحكم انها افضل تقريب لـ π عندما يراد استعمال ثلاثة مواقع ستينية فقط .

ويعرض الفصل 11 قاعدتي « مينيلاووس » التي سبق ذكرهما.

وبعد الآن اصبح علم المثلثات اليوناني موجوداً . واستخدم المنطق الرمزي للكسور الستينية . وله وسائل عامة ودقيقة من اجل حساب الجداول . وهذا العلم مخصص بصورة حصرية بالكرة حيث يستعمل الى اقصى حد قاعدة مينيلاووس . وهذه القاعدة تثبت الدور الأولي لا لوتر قوس واحد عادي بل لوتر القوس المزدوج وهي . تحضر لظهور جيب (سينوس) القوس .والعيب الاساسي في هذا العلم المثلثاتي انه لا يبرز بشكل كافٍ اللوغاريتمات الأساسية . ولكن الاساس قد وُضِع .ان التابعين من الهنود والعرب والغربيين لم يبق امامهم إلا ان يسيروا في الطريق المفتوح .

V ـ الجيوديزيا والميكانيك : هيرون الاسكندري Héron D'Alexendrie

قبل ان ندرس مظهراً اخيراً من الفكر الخلاق عند الرياضيين اليونانيين وهي رياضيات « ديوفانت » Diophante، نشير الى الاعمال الاكثر تمهيداً في الرياضيات التطبيقية مبتدئين باعمال هيرون الاسكندري .

هذا المؤلف المهم جداً بالنسبة الى تاريخ الميكانيك والفيزياء وبصورة خاصة التقنية هو ايضاً شاهد جدي بالنسبة الى تاريخ الجيوديزيا او الجيومتريا التطبيقية . وكان الحساب العددي او اللوجيستيك والجيوديزيا يشكلان ، كما في كل وقت ، القسم الأوَّلي في الثقافة الرياضية. وقد وصل الينا ادب ضخم حول الجيوديزيا من مصادر بيزنطية عموماً ، تشكل المجموعة المسماة بالمجموعة الهيرونية .

والعمل الاصيل عند هيرون الاسكندري هو اكثر تشريفاً من مجمل هذه المجموعة . فالحقبة التي كان يعيش فيها هذا المؤلف ظلت لمدة طويلة غامضة جداً ، ولم تكن تقع بيقين الا بين 150 ق . م والسنة 350ب . م . في هذه الحقبة التي مدتها اربعة قرون اختار العديد من المؤرخين كبداية لها تواريخ مختلفة جداً في اغلب الاحيان . الا ان هيرون قدر المسافة بين روما والاسكندرية بواسطة رصدين لنفس الكسوف القمري . اما و . نيجباور O. Neugebauer فقد حددها ، سنداً لكسوف القمر الحاصل .سنة 62 ب . م اي انه يجعلها في القرن الأول من عصرنا ، ويجعل بالتالي هيرون معاصراً لمينالاوس Ménélaüs . اما هث Heath فيعتبره من اواخر القرن الثاني اي معاصراً تقريباً « لديو فانت » .

كتاب الماتريك Métrique: ان كتاب الجيوديزيا الثابت بانه لهيرون لم يعثر عليه الا سنة 1896 . والباب الأول فيه مخصص لقياس السطوح المستقيمة او المحدودبة ،والباب الثاني مخصص للاحجام ،والباب الثالث مخصص لمسائل قسمة السطوح او الاحجام، ضمن نسبة معينة وتحت مختلف الظروف. وكل باب مسبوق بتمهيد . اما المسائل فمرتبة وفقاً لترتيب متدرج . وكل واحدة من هذه المسائل يتضمن نصها معطيات

عددية وهذا امر غريب على التراث الاقليدي . الا ان التبيين قد تم على اساس خطوط الرسمة ، اما الارقام فلا تتدخل في التبيين الا عرضاً . وفي غالبية الحالات يرد التبيين المسألة الى قضية محلولة . وبعدها يأتي تركيب يتعلق بالمعطيات العددية ، تركيب يدل على تتمة الحسابات التي يجب اجراءها للوصول الى النتيجة المطلوبة . والتبيينات تفترض معرفة « عناصر » « اقليدس » ، التي لم تذكر بصورة صريحة . إلا ان « هيرون » بالنسبة الى المسائل البسيطة يتبع مساراً مستقلاً . والمسائل التي تتجاوز « العناصر » او التي هي غريبة عنها ، تستند الى احكام او الى طرق يعود بها المؤلف ، بوجه عام الى « اقليدس وايضاً الى ابولونيوس Apollonius والى ديونيسودور Dionysodore بالنسبة الى حجم القالب والى جداول الاوتار.

ومن بين النتائج الأكثر بروزاً قاعدة ترجمتها في ايامنا الصيغة التالية $S = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)}$ والتي تعطي مساحة المثلث سنداً للاضلاع . وهنا ، وبعكس ما جرى عليه جيومتريو الحقبة الكبرى ، لا يتراجع هيرون امام حاصل السطحين . ويجب ان لا ننسى انه يشتغل على اعداد ، هي قياسات المقادير ، لا على المقادير بالذات . فضلاً عن ذلك ان التبيين الانيق جداً والمخصص لهذه القاعدة يبدو وكأنه تبرير جيومتري مرتجل وليس طريقة منهجية للابتكار . ويمكن ان نتساءل : هل الاكتشاف هو من صنع الحَسَبة الذين اتبعوا حساباً عددياً ومساراً شبيهاً بالمسار الذي نتبعه في ايامنا بالنسبة الى نفس المسألة ، وفقاً للحساب المموه اي الجبر . اننا نشاهد عندئذٍ احياءً لتيار كامل من الرياضيات ، تاريخه غير معروف بشكل جيد ، ويعود الى التقنيات البابلية . وهناك مظهر آخر مهم في كتاب الماتريك Métrique ، موجود في الباب الثالث ، ويتعلق بقسمة المساحات ونجد فيه مسائل مثل هذه : اقسم بنسبة معينة مثلثاً بواسطة مستقيم صادر عن القمة ثم بخط مستقيم موازٍ للقاعدة او منبثق من نقطة معينة فوق ضلع معين الخ . وهذا القسم من الكتاب ، وفيه يذكر المؤلف « قطع الفضاء » « لابولونيوس » ، فيه مشابهات كثيرة مع « قسمة السطوح او المساحات » ، وهو كتاب صغير ينسب الى « اقليدس » . وهناك مسائل مشابهة موجودة سابقاً عند البابليين كما هي موجودة عند العرب ، وعند الغربيين من القرنين 13,12 ، وعند ترتاغليا Tartaglia في القرن السادس عشر ، وفي الكتب الابتدائية حتى ايامنا . ويقدم كتاب الماتريك مثلاً خاصاً في الاستقرارية ، سواء في المواضيع المختارة ام في استثمارها . ويمكن الظن بأن طرق تطبيق المساحات ، وتقنية الجبر الجيومتري عند اليونان ، كلها قد نشأت في هذا الوسط المتواضع ، وانفصلت عنه لكي تعطي روائع اقليدس وارخميدس وبخاصة روائع ابولونيوس .

كتاب الميكانيك: ان اول كتاب في الميكانيك وصل الينا هو «المسائل الميكانيكية» المنسوبة الى ارسطو » . وهذه المسائل وان لم تكن من عمل الستاجيري Stagirite مباشرة ، فهي منبثقة عن واحد من تلامذته المباشرين . ويعتبرها پ تانيري P.Tannery وكأنها قد نشأت في محيط ستراتون اللامبساكي Straton de Lampsaque . ويعرف الكاتب كيف يطرح بمهارة مسائل دقيقة مثل مسألة (دولاب ارسطو) المشهور لمدة طويلة ، ولكنه غير موفق في الحلول التي يقدمها . اذ تدخل اعتبارات

ميتافيزيكية في اغلب الاحيان ، في تحاليله . ولكنه رغم عثراته الجزئية يتوصل الى وضع عدة مبادىء اساسية مثل مبدأ العتلة او مبدأ متوازي الاضلاع في السرعات .

والطريق الذي اتبعه ارخميدس مختلف تماماً ، كما رأينا ذلك عند تحليل كتبه : ودون ادخال الميتافيزيك ، انه ينطلق وفقاً لكيفية رياضية دقيقة ، على اساس مبدأ مراكز الثقل ، المتخذ كأساس لستاتيكه . (Sa Statique)

ومن اهم مؤلفات « هيرون » ، هو بالتأكيد مؤلفه المسمى « الميكانيك » ، ويتضمن ثلاثة كتب ، ونصه اليوناني قد ضاع في معظمه ، ولم يبق منه الا اجزاء في الكتاب الثامن من « مجموعة » بابوس Pappus . وهذا الكتاب الثامن ، بالنسبة الى المجموع لا يعدو ان يكون حاشية .

ولكن العمل الاصيل عند هيرون محفوظ في ترجمة عربية لقسطا بن لوقا Qusta Ibn Luqa (توفي سنة 912) . وقد قدم البارون « كارا ديفو » Carra de vaux سنة 1894 ترجمة فرنسية له موجودة في المجلد 2 من كتاب « اوبرا Opera » لهيرون مع ترجمة المانية .

ويتضمن الكتاب الأول مسائل هندسية وحركية اكثر مما هي ميكانيكية : دحرجة الدوائر ، وبصورة خاصة « دولاب ارسطو » ، اعادة صنع رسمة مسطحة ، او مجسمة ضمن نسبة معينة ، بناء متوسطين متناسبين . ولكن نجد فيه ايضاً متوازي الاضلاع ، للسرعات كما عند ارسطو ، ثم ، حول الحركة الافقية ، نجد ملاحظة تذكرنا بصورة مسبقة بغاليلي Galilée . وعلى السطح الافقي ، جسم في حالة السكون . ولوضعه في الحركة ، لا بد من توجيه قوة اليه . هذه القوة هل يجب ان تكون متناسبة مع وزن الجسم؟ كلا ، مهما كانت صغيرة ، انها تستطيع ان تحركه . ولإثبات ذلك يفترض هيرون الجسم كروياً : ان اقل انحدار في السطح يكفي لتحريكه بحسب اتجاه الانحدار .

ونجد ايضاً ، في هذا الكتاب دراسة للسطح المنحدر ، دراسة خاطئة حتماً ولكنها في جميع الاحوال ، اعلى من الدراسة التي يقدمها بابوس Pappus (الكتاب 8 المطلب 9) . وهناك تصحيح خفيف يكفي لجعلها لائقة بارخميدس Archimède ، اذ تبدو وكأنها ذكرى محرفة من اعماله .

ويعالج الكتاب الثاني الآلات الخمسة البسيطة : الملفاف ، العتلة ، البكرات ، الزاوية ثم اللولب بدون نهاية . يقول هيرون ان هذه الآلات كلها مؤسسة على مبدأ العتلة ، ولكنه في الواقع يردها الى ثلاثة مبادىء مختلفة . فبالنسبة الى الملفاف والعتلة ، يتبع ارخميدس (توازن السطوح) ويذكره . اما البكرات فيردها مباشرة الى شد الحبال والى توزيع الحمل على عدة حبال متوازية . اما الزاوية واللولب ، ويعتبر هذا الاخير كزاوية ملفوفة فوق اسطوانة فيلجأ بشأنها الى مبدأ آخر .

وينتهي الكتاب الثاني بمسائل عديدة مأخوذة عن « ارسطو » ، محلولة بشكل جيد نوعاً ما ، ثم بنظرية حول مراكز الثقل مأخوذة عن ارخميدس . اما الكتاب الثالث ، فموجه بصورة واضحة نحو التطبيق العملي . ويصف « هيرون » فيه الطرق المستعملة فعلاً لتحريك الاثقال في هندسة البناء ثم الضاغطات اللولبية .

ويكفي مثل كتاب الميكانيك لاثبات وجود تراث ميكانيكي مستمر منذ بداية الحقبة الهلينستية Héllénistique . وهـذا التراث يمتزج ويختلط ، بصورة اكيـدة مع الـتراث التقني عند المهندسـين ، وهـو يرد الى ازمنة مغرقة في القدم ، وهو مزروع ، بالنسبة الى الحقبة التي ندرسها باسماء عظـام ، مـثـل كتيزبيوس Ctésibius وفيلون البيزنطي Philon de Pyzance ، وفيتروف Vitruve « وهيرون » . ولكن دراسة هذا التراث وهذه الاعمال عند هيرون تدخل في باب تاريخ التقنيات اكثر مما تدخل في تاريخ العلوم.[1]

VI ـ علم السمعيات

في ميدان السمعيات ، وبعد عمل « ارسطو غزين » ، قلما يوجد لدينا غير كتابين مهمين يستحقان الذكر ، الأول في مطلع الحقبة الهلينستية Héllénistique وعنوانه « قسمة القانـون » وهو منسوب الى اقليدس Euclide ، والكتاب الثاني منسوب الى « بطليموس » وعنوانه « الهرمونيك Harmoniques »

والكتاب الاقليدسي القصير جداً يدخل ضمن تراث رياضي مفتوح على علم الفلك « الاسترونوميا » « لايـدوكس » ، وقد ازدهر ، في الفيزياء ، بصورة خاصة منذ نهاية القرن التاسع عشر من عصرنا . فالرياضي حين يوضع امام ظاهرة او جملة ظاهرات غير مفسرة يصدر فرضية او عدة فرضيات محتملة نوعاً ما . ثم يطور بدقة النتائج الرياضية لهذه الفرضيات . فان هي شرحت ، او بحسب التعبير اليوناني ان هي انقذت الظاهرات ، فإنه يعلن عن رضاه . أما إذا تناقضت مع ظاهرات جديدة ، عندها يعاد النظر في فرضيات الإنطلاق .

وفي الكتاب الذي نـدرسه تبدو الاطروحات كما يلي : لا يصدر الصوت الا اذا كان هناك حركة ، وارتفاع الصوت يزداد بازدياد عدد الحركات ، او عدد الصدمات المحدثة في زمن معين . واذاً فالصوت مركب من اجزاء متميزة . والمقادير الخفية لها فيما بينها نسب عددية جذرية . وقد يكون بين صوتين تناسق او تنافر . وهناك نسب بسيطة يعبر عنها بكلمة واحدة ! المضاعفات او « فوق الخصوصيات » . ونحن نفترض ان هذه النسب تتوافق مع التناغمات . وتتبع النتائج الرياضية البدائية ، انما الانيقة ، هذه المقدمات . وفي القسم الاخير من الكتاب ، المخصص للآلات ذات الوتر ، يفترض ضمناً ان عدد الذبذبات متناسب عكساً مع طول الوتر المتذبذب .

ويعتبر كتاب هرمونيك Harmoniques لبطليموس Ptolémée مؤلفاً اكثر كمالاً . وهو من ثلاثة ابواب ، يعرض وينتقد ويشرح النظريات الموسيقة المتنوعة ، وينتهي بتأملات سيكولوجية ومقارنات صوفية ، حول « تجانس الكرات » . وهذه الشروحات الاخيرة ذات العلاقة الاكيدة بالنظريات الفيتاغورية والافلاطوية جديرة بان تقارن بالافكار التنجيمية لدى مؤلفها .

---

(1) راجع في هذا المجلد ، دراسة ج بوجي J. Beaujeu (ص 384 - 385) . راجع ايضاً تاريخ التقنيات العام (م دوماس M. Paumas ، ط ، م ا ، باريس ، 1962 ، راجع الفهرس .

نشير أيضاً الى مؤلف ثانوي ولكنه مقروء جداً ومشروح ، وهو كتاب هرمونيك لنيكوماك من جيراسا Necomaque de Géresa .

VII ـ البصريات والمناظر

في الحقبة الهلينية وفي بداية الحقبة الاسكندرية صدرت عدة نظريات فلسفية اكثر مما هي علمية حول الضوء وحول الرؤية [1] . وفي هذا المجال ، كانت الكتب الرئيسية الهلينستية واليونانية ـ الرومانية التي حفظت هي اوبتيك اقليدس و« كاتو بتريك Catoptrique » هيرون ، : « وكاتو بتريك » اقليدس المزعوم (ربما كان تيون الاسكندري) ، واوبتيك بطليموس . من هذه الكتب الاربعة الابرز هو الأول والاخير .

وبالنسبة الى كل هؤلاء المؤلفين ترسل العين اشعة بصرية تنتشر بخط مستقيم وبسرعة عظيمة : ومنذ فتح العين ، يذكر هيرون Héron ، تشاهد النجوم الثوابت. ولا تُرى الا الاجسام المضيئة او المضاءة بأشعة ضوئية . وهذه الاشعة الاخيرة تنتشر مثل اشعة الابصار ، بخط مستقيم ولكنها يجب ان لا تخلط بها ؛ وفي رأي اقليدس ان الاشعة البصرية التي تخرج من العين لا تشكل مخروطاً مستمراً ولكنها تفصل بعضها عن بعض. وهذا يتيح تفسير حدة البصر او القدرة الانفصالية . والشيء لا يمكن ان يُرى بصورة كاملة بنظرة واحدة ، بل فقط بعد ان تغشاه النظرة . وكل الاشعة البصرية لها نفس السرعة .

وانطلاقاً من هذه البديهيات الاساسية التي ترتبط بالتراث الافلاطوني ، هناك نتائج رياضية يمكن استخلاصها عندما نكون قد وضحنا اننا نحكم على ضخامة شيء ما ، سنداً للزاوية البصرية التي نراه من خلالها . وعلى هذا فقد بنى « اقليدس » علماً منظورياً ، يجب ان لا نخلطه بالعلم الذي تكوّن في اوروبا على يد الرسامين الايطاليين في القرن الخامس عشر : واذا كان المنظور الحديث هو اسقاط مركزي لسطح او لفضاء على سطح . وان هو اقتضى رصداً بعينٍ واحدة وجامدة ، فعند اقليدس ، بالعكس لا يوجد لوحة ، والقوانين المحصلة هي نوعية خالصة . فاقليدس يعلن قواعد عريضة يتوجب على الرسام او مصوّر المشاهد ان لا يتجاوزها لكي يحصل على الاثر المطلوب ، الا ان هذه القواعد ليس لها اية صفة جامدة . وبهذا الشأن ان جذور علم المناظر الحديث يجب ان تبحث في الاسقاط التسطيحي الذي تكلمنا عنه اعلاه وفي علم المزاول او الساعات الشمسية ، اوفن الساعات الشمسية ، وكلها لم يصلنا عنها اي كتاب منهجي لسوء الحظ ، باستثناء الكتاب التاسع من علم الهندسة المعمارية « لفيتروف Vitruve » . وهذه التقنية قد نميت من قبل اليونانيين وهي بالتأكيد احدى المصادر التي تنبثق منها نظرية القطوعات المخروطية .

كتاب البصريات «لبطليموس» (اوبتيك) ان كتاب اوبتيك لبطليموس غير معروف منا الا عبر ترجمة لاتينية لاوجين Eugène امير صقلية في القرن الثاني عشر . وهي ترجمة غامضة مأخوذة عن

---

(1) راجع دراسة ش ـ موغلير ch - Mugler ص 247 - 250 .

مخطوطة عربية مجتزأة .

وتختلف فرضيات الاساس قليلاً عن فرضيات « اقليدس » . فالعين ما تزال ترسل ايضاً اشعة بصرية مستقيمة ذات سرعة كبيرة جداً ، ولكن المخروط البصري يستمر ولم يعد خافياً . وبفضل هذا الارسال يتوفر للعين ، فضلاً عن الاحاسيس المختلفة التي يعترف لها بها اقليدس ، الاحساس بالمسافة .

ويعرض « هيرون » قوانين الانعكاس وكذلك « بطليموس وتيون » . ويبررها الأول بمبدأ الدرب الاقصر ، وهو الدرب الذي لجأ اليه فرمات Fermat في القرن السابع عشر ليدرس الانكسار . ويوضح بطليموس ان الشعاع البصري النازل ، والصاعد هما ضمن نفس السطح ، وان زاوية النزول تساوي زاوية الانعكاس ، وان الصورة ترى عند التقاء الشعاع النازل بعد تمديده ، مع العامود النازل من الشيء على السطح المماس للمرآة عند نقطة الانعكاس .

والانكسار يشكل موضوع دراسة منهجية من قبل بطليموس الذي يشير بعد كليو ميد Cléomède الى وجود الانكسار الفضائي والى الضلالات التي يمكن ان يجرّها هذا الانكسار في الارصاد . والقوانين التي يعلنها تشبه قوانين الانعكاس : فالشعاع النظري النازل والمنكسر هما ضمن نفس السطح ، وزاويتا النزول والانكسار غير متساويتين . اما الصورة فترى عند التقاء الشعاع النازل ممدداً مع العامود النازل من الشيء على سطح انفصال المكانين .

وسواء بالنسبة الى الانعكاس او الانكسار ، يذكر « بطليموس » تجارب رصد ويستخدم جهازاً بسيطاً ولكنه عبقري . كما نشر ثلاثة جداول انكسار متعلقة بانتقالات عبر هواء ـ ماء ، هواء ـ زجاج ، ماء ـ زجاج . وتعطي هذه الجداول زوايا الانكسار بالنسبة الى انحدارات تنتقل بمقدار 10 درجات ومن صفر الى 80 درجة . والقيمة الثابتة للفوارق الثانوية (30دقيقة) تدل ان هذه الفروقات امكن حسابها بشكل منهجي انطلاقا من قياس او قياسين تجربيين او اكثر . وهي تدخل (اي الجداول) ضمن الخط الكبير للجداول العددية الموجودة في مختلف المجالات : استرونوميا Astronomie ، جيوديزيا Géodésie ، منذ البابليين . ومن المبالغ به القول عنها بانها محاولة للبحث عن قانون فيزيائي . فالادوات الرياضية اليونانية لم تكن غنية بشكل كاف لتبلغ هذه المرتبة .

VIII ـ الحساب الفيثاغوري الجديد ، الجبر : ديوفانت Diophante

نيكوماك Nicomaque وتيون الازميري Theon De Smyrne ـ عرفت الفيثاغورية ، التي بدت وكأنها قد زالت منذ القرن الرابع ق . م ، بعثاً في بداية القرن الثاني من عصرنا . وهي فلسفية اساساً ، الا انها ذات فائدة رياضية بفضل كتابين . الأول هو المدخل الى الحساب Arithmetique لمؤلفه نيكوماك الجيراسي Nicomaque Gérasa (حوالى السنة 100) . ومنذ العصور القديمة عرف هذا الكتاب الصغير نجاحاً كبيراً جداً . اذ يستطيع طالب الفلسفة ان يجد فيه حاجته من المعارف الحسابية التي كانت تشكل قسماً من الثقافة العامة . وقد شرح هذا الكتاب باعتباره كتاباً كلاسيكياً حتى الايام الاخيرة من الامبراطورية

البزنطية، ثم ترجم الى اللاتينية من قبل أبولي المادوري Apulée de Madaure. وقد نقلته حاشية وضعها له بويس Boèce الى القرون الوسطى. واعتبر حتى عصر النهضة وكأنه الممثل النموذجي للعلم اليوناني. ويعالج كتاب: «عرض ما هو مفيد لقراءة افلاطون» لتيون السميرني Thèon de Smyrne (الازميري) (حوالى 130)، موضوع الحساب والموسيقى وعلم الفلك. ورغم ان هذا الكتاب ابتدائي الا انه له قيمة رياضية اعلى من قيمة كتاب نيكوماك Nicomaque.

ديوفانت Déophante: وكما بدت لنا فجأة افضل كتب «اقليدس» و«أرخميدس» و«ابولونيوس»، هكذا بدا لنا كتاب «الحساب» «لديوفانت»، دون امكانية توضيح كل التيار الرياضي الذي يعتبر هذا الكتاب نهايته.

فقد بدت حسابات هذا الكتاب غامضة تماماً قبل الاكتشافات الحديثة حول العلم البابلي. واليوم اصبحت البنوة ثابتة واضحة، ولكن من الاسراف المؤسف ان لا نرى الاسكندري الا ناقلاً بعيداً عن التقنين في ميزوبوتاميا Mésopotamie. فالانشاء التحليلي الواضح عند «ديوفانت» خاص به ويبقى حالة فريدة مطلقة، في كل الادب الرياضي القديم باستثناء رسالة ارخميدس الى «آراتوستين» وبعض مقاطع من «بابوس». ان الحقبة التي عاش فيها ديوفانت الاسكندري غير معروفة، ولا تحدد بيقين الا بين السنة 150 ق.م. والسنة 350ب.م. الا ان غالبية المؤرخين يعتقدون، مع بول تنيري Paul Tannery، ان الحقبة التي ازدهر فيها قريبة من منتصف القرن الثالث. وفي الكتب الثلاثة عشر التي ربما شكلت في الاصل كتابه الرئيسي، وصل الينا منها ستة فقط. وهذه هي مقدمة الكتاب الأول:

«مع العلم، يا سيدي المحترم ديونيسيوس Dionysios، بأنك موهوب في فن العثور على مسائل في الاعداد، فقد قمت بعرض لطبيعة ولقوة الاعداد، مبتدئاً بالاسس التي تقوم عليها الأشياء.

وقد يحدث ان تبدو المادة اصعب مما هي، لانها ما تزال غير معروفة، وان المبتدئين ييأسون من النجاح. ولكنها تكون بالنسبة اليك سهلة الفهم بفضل حماسك وتبييني. لأن الطموح اذا اضيف الى التعليم يؤدي بسرعة الى المعرفة.

وكما تعلم، في ما تعلم من اشياء، ان كل الاعداد مكونة من كمية من الوحدات، ومن الواضح ان تعدادها يمتد الى اللا نهائي. ومن بين الاعداد نجد بشكل خاص: المربعات المتكونة من عدد مضروب بنفسه، هذا العدد يسمى ضلع المربع. ومن جهة اخرى هناك المكعبات المتكونة من مربعات مضروبة بضلعها. وهناك مزدوج المربعات، وتتكون من مربعات مضروبة ببعضها. ثم هناك المربعات المكعبة المتكونة من مربعات مضروبة بمكعبات لها نفس ضلع هذه المربعات. وهناك مكعبات المكعبات المتكونة من مكعبات مضروبة بذاتها. ولكن قد يحدث ان ينتج تمازج الكثير من المسائل الحسابية اما من مجموع هذه الاعداد واما من فروقاتها، واما من ضربها واما من نسبتها فيما بينها. او فيما تمتلك تباعاً مع جذورها بالذات. وهذه المسائل سوف تحل ان اتبعت الطريق التي سندل عليه فيما يلي»

(ترجمة پ فرايكي P.Ver Eecke) .

من هذه المسائل العددية ، منها ما هو محدد جبرياً ، ولكن غالبيتها غير محددة . وَحْدُهَا مقبولة الحلولُ الجذرية الصحيحة او الكسرية ، ولكن الايجابية حتماً . فضلاً عن ذلك يكتفي « ديوفانت» عموماً بحلٍ خاص حاصل غالباً بفضل تمويهات انيقة لا تسعف في التعميم . وقد وضع نظام ترقيمات بدائية جداً . ويقتصر على مختصرات ولا يسمح الا بوضع مجهول واحد ، ومضاعفاته الستة الأولى ومعكوساتها ؛ وهو لا يتضمن كأشارة عملياتية ، الا اشارة الطرح ، اما الجمع فيدل عليه بمجرد التراكم . وعدم كفاية هذا الترقيم لم يمنع ابداً « ديوفانت » من مواجهة مسائل صعبة حقاً ، الامر الذي حمله على استعمال خدع قد استفاد منها العلم فيما بعد .

ولاعطاء فكرة عن اساليب « ديوفانت » الجبرية سوف نعرض مثلاً بسيطاً نستعمل فيه الترقيمات العصرية . اما خلاصة الكتاب حيث تسود الفوضى الكبرى الظاهرة فلا تفيد القارىء في شيء .

« فتش عن عددين بحيث ان مربع كل منهما منقوصاً منه العدد الباقي ، يشكل مربعاً ان يكون العدد الاصغر x مضافاً اليه ما نشاء من الوحدات ، وبصورة خاصة واحد ، وان العدد الاكبر هو مربع الاصغر ناقص مربع الاصغر x^2 ، بحيث ان مربع الاصغر منقوص منه العدد الاكبر ، يشكل مربعاً (فيكون العدد الاصغر $x + 1$ ، اما العدد الاكبر فيساوي $(x+1)^2 - x^2$ ومربع الاصغر ناقص الاكبر يساوي x^2) .

وبعد ذلك ، واذا كان مربع العدد الاصغر هو $x^2 + 2x + 1$ ، ينتج عن ذلك ان العدد الاكبر يكون ما يضاف الى x^2 اي $2x + 1$. ويتقرر عن ذلك ان مربع العدد الاصغر ناقص الاكبر يشكل مربعاً . ويتوجب أيضاً أن يشكل مربع الاكبر اي $4x^2 + 4x + 1$ ناقص الاصغر يشكل مربعاً . ولكن مربع الاكبر ناقص الاصغر يعطي $4x^2 + 3x$. وهذا ما نعادله مع المربع . ولنشكل مربع $3x$ وعندها يساوي x : [$3/5$ ($4x^2 + 3x = 9x^2 ; x = 3/5$] ويكون العدد الاصغر 8/5 والعدد الأكبر 11/5 . وهذان الرقمان يجيبان على المطلوب » . (الكتاب الثاني المطلب 21) .

وتدل بعض الامثلة ان الكسور الاكثر تعقيداً لم تكن لتخيف عالم الجبر يومئذ . وقد اراد البعض ان يرى احياناً في هذا الميل الى الحساب موقفاً يتعارض مع الفكر اليوناني الخالص . يوجد هنا وهم . ودون ان نذكر باعمال « هيرون » «وبطليموس' » ، نجد عند « آريستارك الساموسي» وعند ارخميدس « آرينير ، قياس الدائرة ، « مسألة الثيران ») وعند « اقليدس » بالذات (قسمة القانون) امثلة عن حسابات عددية معقدة تدار بأناقة . ان الاتجاهات الحسابية والجبرية المفتعلة عند البابليين ظلت تنمو عند الجيومتريين اليونانيين . وحدها ندرة المستندات حول القسم من نشاطهم هذا امكن ان توحي بتعارض بين المدرستين . ان الجبر الجيومتري منقول تماماً عن الجبر العددي البابلي بحيث ان البنوة لا يمكن ان تخفى . ولا يغير من الحقيقة بشيء ان يكون الجبر الديو فانتي بعيد جداً عن الجيومتريا اليونانية .

والرياضيات الحديثة ظهرت عندما اعاد « فيات » دمج التيارين .

وعندها بدا جلياً ان التقنيتين: الجبر الجيومتري والجبر العددي، متقاربان في ما بينهما اشد التقارب . ولكن عندها سوف تفهم ايضاً كل ثروة وغنى الطريقة الديوفانتية Diophantienne التي ولدت ثلاثة تيارات رياضية جديدة . واندماجها بتقنية تطبيق المساحات عند الجيومتريين الكبار سوف يولد الجيومترية التحليلية ، ومنهجة اساليبها الجبرية الخالصة سوف يغني الجبر الحديث . واخيراً وبعد تعميق القسم العددي الخالص فيها والذي يُعْمِلُ ، عدة مرات ، بعض خصائص الاعداد الصحيحة ، اسس فرمات نظرية الاعداد .

اي مجدٍ لهذا الاسكندري المجهول [ديوفانت] ، ان يكون معلم « بومبيلي » ، ومعلم « فيات » ، ومعلم «فرمات » وان يكون قد الهم جان برنولي Jean Bernoulli بعض اساليبه في الحساب التكاملي .

IX ـ الشراح (Les Commentateurs)

بعد «ديوفانت» توقفت التقديمات الاصيلة في الرياضيات «الهلينستية». كان ما يزال هناك حقاً رجال ذوو قيمة، ولكنهم اذا كانوا بالنسبة الينا شهوداً قيمين، فانهم لم يفعلوا شيئاً الا تفسير اعمال العلماء الكبار الذين رأيناهم يعملون في الصفحات السابقة.

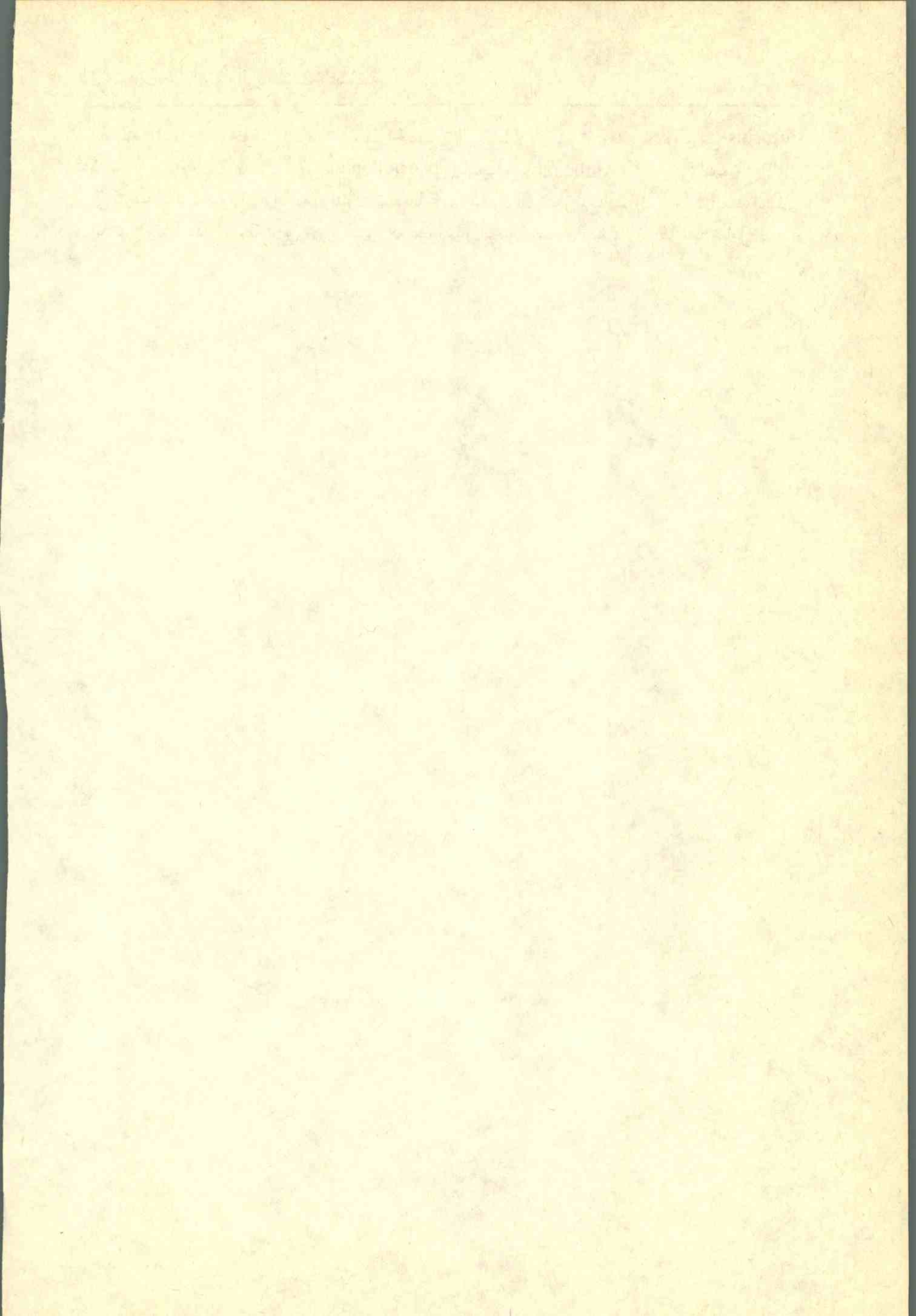
لقد عاش « بابوس » الاسكندري ، في ايام ديوكليسيان Dioclétien ، حوالى سنة 300 ب.م. وعمله الرئيسي « المجموعة الرياضية » في ثمانية كتب ، وقد بقي منها آخر الكتاب الثاني والكتب التي تليه حتى الثامن ضمناً . والمجموعة هي درس واسع في الرياضيات ، غير منتظم ، ولكنه مهم بفضل الاسانيد الغنية فيه . وهو يحلل ويشرح الكثير من الكتب التي بدونه لا نعرف عنها شيئاً . ونشير ، من بين النتائج العديدة التي تحتويها المجموعة ، الى القواعد المسماة اليوم قواعد « غولدن » حول العلاقة بين مراكز الثقل النوعي والمساحات او الاحجام في الإجسام الدائرية .

وكانت « محاضرات » « بابوس » ، مع (حسابات) ديوفانت العمل الرياضي اليوناني الاكثر درساً من قبل الجيومتريين بين 1588 و 1650تقريباً . وكانت هذه المحاضرات ، اكثر من كتابات ابولونيوس Apollonius الصحيحة ، مثل كتابات « ارخميدس » ، احدى المحفزات الاكثر فعالية في تجديد الرياضيات . فقد ترك بروكلوس وتلميذه « بحار النابولي » Marin De Neapolis (اواخر القرن الخامس) ، هما ايضاً ، معلومات مهمة . الأول ، بشكل خاص ، في تفسيره للكتاب الأول من « عناصر » « اقليدس » ، والثاني في مقدمته « للمعطيات » لاقليدس نفسه .

ولكن ايتوسيوس Eutocius ، الذي كان يعيش في اواخر القرن الخامس وفي مطلع القرن السادس ، هو اكثر قيمة لدينا . فقد شرح بفهم كلاً من ارخميدس وابولونيوس .

هَا قد وصلنا الى حقبة اوشك فيها العلم الهلينستي ان يزول على مهل في حين اخذت تنتظم في

القسم الشرقي من حوض البحر المتوسط الحضارة البيزنطية وتتميز . وقدم ايتوسيوس Eutocius شرحه « لمخروطات » ابولونيوس Apollonius الى انتيميوس Anthémios، المهندس المعماري الذي بنى كنيسة سانت صوفيا . وهكذا وبدون صدامات ، وبدون ان يشعر المعاصرون ، مات العلم اليوناني اللاتيني ونشأ علم بيزنطة ، في حين بدا في الغرب انهيار الرياضيات مفاجئاً ، وزوالها شبه شامل .



الفصل الثالث

علم الفلك والجغرافيا الرياضية

مراحل النمو: على الرغم من بعض المظاهر، تبدو معلوماتنا مقصرة حول تاريخ علم الفلك في الحقبة الهلنستية: يصف المجسطي لبطليموس Almageste Ptolémée النظرية الجيومترية حول الكواكب، بالشكل الكامل تماماً الذي اعطاه المؤلف عنها في نصف القرن الثاني من عصرنا. ولكن مؤلفات سابقيه ، تلفت كلها تقريباً ، ونحن لا نعرفها الا من خلال شذرات ، ومن خلال اصداء مشوهة ، متناقضة احياناً ومبْذورة في نصوص « بطليموس»، او الشراح او المبسطين . وتعطينا هذه الاسانيد الضعيفة فكرة عن النهضة الرائعة في العلم النجومي في القرنين الثالث والثاني قبل عصرنا : انه « ارستارك الساموسي » اولاً الذي دافع ، دون نجاح كبير عن نظامه حول مركزية الشمس قبل « كوبرنيك » بـ 1800 سنة . وبعد مئة سنة ظهر هيبارك Hipparque كأكبر عالم فلكي في العالم القديم قبل « بطليموس » ، ليس فقط بالتقدم الضخم الذي اعطاه في معرفة السماء ، بل اكثر من ذلك ايضاً ، ربما ، بفضل كمال ودقة طريقته التي تجمع تماماً دقة الملاحظات الى دقة التحليل . ولكن يصعب كثيراً تحديد اصالة نظريات « اريستارك » « هيبارك » ، بسبب عطالة المستندات المتعلقة بسابقيهما .

هناك مناطق ظلال ايضاً في القرون الثلاثة التي تفصل زمن « هيبارك » عن زمن « بطليموس » : فالعلم الفلكي لم يتقدم في هذه الحقبة الا قليلاً ، وقد اعاقته الاضطربات السياسية كما زاحمه علم التنجيم الذي نشأ في ميزو بوتاميا Mésopotamie وانتشر في الشرق ثم في كل الامبراطورية بصورة مدهشة . وبفضله ، بشكل خاص انتشر تأثير العلم البابلي حول النجوم ، في العالم اليوناني الروماني . وانتشر المبسطون الموسوعيون الذين يعالجون مواضيع شتى . ورغم ذلك سجلت بعض النجاحات المحدودة في البحث : تقدم بسيط في نظرية الكواكب ، تقدير اقرب ، لحجم ولمسافة الكواكب ، وضع مسودةٍ لنظريةٍ حول المد والجزر . ونفس المراحل تتوزع تاريخ الجغرافيا الرياضية التي نهضت نهضة جميلة في القرن الثالث والقرن الثاني بفضل اعمال « آراتوستين » و« هيبارك » ثم اخذت تراوح مكانها حتى قام « ملاح صور » Le Marin de tyr بمشروعه الجريء هو وبطليموس ، في القرن الثاني ب . م .

I ـ اريستارك الساموسي Aristarque de Samos ، سابق كوبرنيك Copernic

اريستارك وعصره : حوالى سنة 300 ، وفيما كانت الاسكندرية تبنى بهمة ونشاط « بطليموس » الأول سوتر Soter كان العلماء الذين اجتذبتهم اليها قليلي الشك بنظام الكون الذي كرسه «افلاطون» و«ارسطو» : الأرض ثابتة ومدورة تحتل مركز الكرة ذات النجوم ، التي تتحرك بحركة دائرية واحدة ، وتقوم كل يوم بدورة حول نفسها . وبين قبة السماء والأرض تتراتب الكواكب السبع بما فيها الشمس ، والكواكب تجرها حركة الكرة ، ولكنها ترسم ، فضلاً عن ذلك وفي ازمنة متنوعة مدارات معقدة باتجاه معاكس للدوران اليومي . وفوق كرة الثوابت لا يوجد شيء . لا وجود لما وراء الفضاء ، وعالمنا هو كل شيء . ولكن بخلال القرن الثالث ، ظهر كتاب احدث انقلاباً في الآراء الراسخة الموروثة . ومؤلفه ، «اريستارك الساموسي» كان تلميذ «ستراتون اللامبساكي» ، وكان فيزيائياً جريئاً ، كما كان رئيس مدرسة المشائين بعد « تيوفراست » من سنة 287 الى سنة 279 . وقد اهتم مثل معلمه بالفيزياء وخاصة بمسائل الابصار والضوء ولكنه كان بالدرجة الأولى فلكياً : ومن المعروف عنه انه رصد اعتدال الصيف سنة 281 و280 . ويسند اليه فيتروف Vitruve اختراع «السكافي Scaphé» وهي ساعة شمسية مستكملة ذات سطح نصف كروي وذات ابرة عامودية .

احجام وابعاد الشمس والقمر : وقد حفظ عنه كتاب في الجيومتريا الفلكية «حول ابعاد ومسافات الشمس والقمر» وفيه يجدد بشكل كامل المسألة ، المطروحة للبحث منذ نصف القرن الرابع ، وذلك بوضعها على اساس رياضي ؛ وبعد الفيتاغوريين الذين سلسلوا ارتفاعات الكواكب بحسب المسافات الموسيقية ، قدر « ايدوكس » قطر الشمس بـ 9 مرات اكبر من قطر القمر . اما فيدياس Phidéas ، والد « ارخميدس » فقدره باثنتي عشرة مرة ، انما دون ان يلجأ ، على ما يبدو ، الى طريقة جيومترية دقيقة كما هي طريقة « اريستارك » . فقد قدر هذا الاخير المثلث المتشكل من مراكز القمر L والأرض T ، والشمس S في لحظة التربيع تماماً ، اي عندما تكون الزاوية TLS قائمة تماماً . وقاس الزاوية LTS المتشكلة من المستقيمين ارض قمر وارض شمس : استخرج من العلاقة بين الزوايا الثلاثة في المثلث المستقيم ، العلاقة بين أطول اضلاعه الثلاثة ، بواسطة حسابات قريبة جداً من حسابات علم المثلثات . واستند « اريستارك » من جهة اخرى على القطر الظاهر للقمر وللشمس ، وعلى قطر المخروط الظلي الساقط من الارض عند كسوف القمر . وبتحكم رائع في التحليل الرياضي استنتج من هذه المقدمات العلاقات بين ابعاد ومسافات الكواكب الثلاثة متخذاً كوحدة قياسية قطر الارض . ولم تكن نتائج حساباته مدهشة : قطر القمر = 0,36 (لقاء 0,27) ، مسافة القمر = 9,5 (لقاء 30,2) ، قطر الشمس = 6,75 (لقاء 108,9) ، ومسافة الشمس = 180 (لقاء 11726) .

والفشل يعود الى ثلاثة اخطاء خطيرة في الملاحظة : فقد جعل « اريستارك الزاوية) LTS الصعبة القياس ـ تساوي 87 درجة بدلاً من 89 درجة و 50 ثانية ، والعلاقة بين قطر مخروط الظل وقطر القمر تساوي 2 بدلاً من 2,6 ، ولكن بشكل خاص عزى للقطر الظاهر لكل من القمر والشمس قيمة تساوي 2 ، أي 4 مرات اكبر تقريباً . وهو خطأ غريب ، وتزداد غرابته ، برأي « ارخميدس » « كون « اريستارك » هو الذي اكتشف ان الحجم الظاهر للشمس يساوي جزءاً من اصل 720 جزءاً تقريبا

من الدائرة البروجية اي ثلاثين ثانية . وربما كان مثل هذا العمل ، من جهد الفتوة ، لان المؤلف يقول فيه بمبدأ مركزية الأرض .

فرضية مركزية الشمس عند «اريستارك» : بحسب شهادة معاصره «ارخميدس» ، المؤكدة بالعديد من النصوص اللاحقة اصدر اريستارك الفرضية بان الثوابت والشمس تبقى جامدة وان الأرض تدور حول الشمس راسمة دائرة ، وتحتل الشمس وسط المدار (او . وهي تجتاز دائرة تقع وسط مجرى الكواكب) ؛ ومركز الشمس يتطابق مع مركز كرة الثوابت ، ومن جهة اخرى هناك اشارة من بلوتارك Plutarque تشير بشكل صريح: ان الأرض محفوزة بحركة ثانية دائرية حول ذاتها تفسر الدوران اليومي الظاهر لقبة السماء . ونحن لا نعلم اكثر من ذلك حول نظرية اريستارك ، حتى ولا اذا كان ، كما هو محتمل ، قد ترك القمر يدور حول الأرض . فنحن على الاقل متيقنون ان نظرية اريستارك هذه ، قد رسمت بصورة مسبقة جوهر النظام الكوبرنيكي Copernicien . ومع عقيدة الذريين Atomistes والابيقوريين Epicuriens الذين كانوا يؤمنون بتعددية العوالم وبلا نهائية الكون ، امتلكت العصور القديمة عناصر الكوسموغرافيا الحديثة .

جذور النظرية التي تقول بمركزية الشمس : ان المسألتين الاساسيتين المطروحتين هما معرفة ما اذا كان اريستارك قد اكتشف بنفسه نظريته ام انه قد اخذها كلياً او جزئياً عن سابقيه ، وما هو مصيرها فيما بعد . والمسألة الأولى قد اثارت وما تزال تثير الجدل الحاد . وقد رأينا أنه قبل حقبة اريستارك اعطى بعض الفيتاغوريين ومنهم فيلولاوس Philolaos للأرض حركة دائرية مزدوجة حول نار مركزية ، لم تكن الشمس . وحالة هيراكليد البونتي Héraclide du Pont ما تزال موضوع جدل فالبعض يرى - ت. هث T.Heath و و. غوندل W. Gundel أولاً - إن هيراكليد Héraclide علّم بان الأرض، الواقعة في مركز الكون تدور حول نفسها بخلال 24 ساعة وان القمر والشمس والكواكب العليا (المريخ Mars) والمشتري (جوبيتر Jupiter) وزحل (ساتورن Saturne) ترسم مداراتها حول الأرض ، وان الكوكبين الاسفلين : الزهرة (فينوس Vénus) وعطارد Mercure ، هي من توابع الشمس ، ولا يمكنها وبالتالي البعد كثيراً عنها . ويرى آخرون وهم المفسرون مثل پ تنيري P.Tannery ان نظام هيراكليد Héraclide كان يشبه نظام تيكوبراهي Tycho Brahé ، مع الكواكب الخمسة الصغرى التي تدور حول الشمس ، والشمس بالذات ، مع توابعها الخمسة تدور حول الأرض مثل القمر . وهناك شراح آخرون ارتكزوا على نص مشكوك به منسوب الى جيمينوس Géminus يعارض بقية مصادرنا ، - يزعمون : اما ان نظام مركزية الشمس المسنود الى « اريستارك » ، كان بالواقع قد اكتشف قبله من قبل هيراقليد Heraclide - وهذه اطروحة دافع عنها شياباريللي Shiaparelli بصورة خاصة - واما اخيراً ، وانطلاقاً من نظرية فيلولاوس Philolaos ، ان « هيراقليد » قد تخيل جعل الشمس اولاً تدور حول نقطة مركزية ، ثم بعدها ، وبعيداً عن المركز الزهرة « فينوس » والمشترى « مركير » والأرض والكواكب العليا : وهذا التعديل ، المقترح حديثاً ، والذي ادخل على اطروحة « شياباريللي » يقدم ما يلي : انه يكفي رد شعاع الدائرة المرسومة من قبل الشمس الى الصفر ، للحصول على نظام مركزية الشمس ، وهذا المسعى الأقصى ربما كان قد نفذ حقيقة من قبل « هيراقليد » بالذات .

في مثل هذه الحالة يكون دور « اريستارك » قد اقتصر على عرض نظرية قد ابتكرها غيره او على اكثر تعديل، انه ادخل عليها تبسيطاً نهائياً صغيراً . ولكن دون الدخول في تحليل النصوص انه من غير الواقعي ان تكون العصور القديمة كلها باستثناء القليل، وايضاً هذا امر مشكوك فيه، قد عزت ابوة النظام الشمسي المركزي الى « اريستارك الساموسي »، اذا كان هذا النظام قد اخترعه « هيراقليد »، وهو شخصية معروفة اكثر من الأخرى . وهذا الزعم يدحضه ايضاً، وبصورة خاصة، ان « ارخميدس » وهو عالم من الدرجة الأولى » ومتبحر في مسائل علم الفلك، والذي كان يقيم علاقات مستمرة مع زملائه في البلدان الهلينستية Hellénistiques، ولم يكن اصغر من « اريستارك » الا بعشرين سنة، لم يعرف ان هذا قد اخذ نظريته عن آخر، او انه اغفل الاشارة الى هذا في الملخص الذي قدمه عنها . ويمكن ان نفترض اذاً انه اذا كانت فكرة الحركة الدائرية للأرض غير جديدة في القرن الثالث، فإن فكرة جعل الشمس المركز المشترك للعالم وللدوران الكواكبي تعود تماماً الى اريستارك » .

فشل نظرية اريستارك: رغم ان نظام مركزية الشمس لاريستارك لم ينجح، فهو لم يبق مجهولاً حتى من الجمهور الواسع: عالم واحد فقط من القرن الثاني ق.م. اسمه سلوقس Séleucus وهو من مدينة سلوقية على نهر دجلة، قد اعتمده . اما العلماء الآخرون فقد رفضوه، لاسباب ايديولوجية وعلمية ايضاً: فالتخلي عن العقيدة القائلة بمركزية الأرض، والقائلة بمركزية الانسان فشل في الأوساط الفلسفية حيث كانت هذه المركزية تعتبر كعقيدة راسخة . واقترح « كليانت الاسوسي » وهو رواقي معاصر لارِيستارك، اقترح بلؤم على اليونانيين ان يقيموا عليه دعوى الالحاد، كما فعلت الكنيسة بعد 19 قرناً فيما بعد مع « غاليلي » . لأنها (أي نظرية اريستارك) نظرية تخريبية من وجهين: فهي تشكك بالصفة الإلهية المعترف بها للكرة السماوية وبحركتها الكاملة . وكان العلماء محكومين باسباب اخرى مرتبطة بالنظريات الفيزيائية السائدة يومئذٍ ! إذا كانت الأرض تتنقل حول الشمس فإن الابراج تلاقي في نظرنا تشويهات زاواوية ـ وكانوا يومئذٍ يجهلون المسافة التي لا تحصى بين الكواكب، بالنسبة الى النظام الشمسي ـ، والأرض لما كانت اثقل العناصر فإنها يجب ان تكون في القاع أي في مركز الكون ـ فقد كان مجهولاً قانون الجاذبية الكونية ـ ؛ وكيف يمكن الاعتقاد بان الكواكب المصنوعة من نار خالصة يمكن ان تبقى جامدة، في حين ان الأرض الثقيلة تدور وتتجول في الفضاء ؟ ـ ونادرون هم اولئك الذين كانوا يؤمنون في القربى الفيزيائية بين الكواكب والأرض . وَفَضَّلَ اعاظمُ الفلكيين والرياضيين، ابتداءً من ارخميدس « وابولونيوس » البرجي و « هيبارك »، على نظام مركزية الشمس الذي كان يثير مصاعب جمة ـ نظام مركزية الأرض الذي بدا لهم، بحسب التعبير المكرس لدى العلماء اليونانيين، اكثر استعداداً لانقاذ المظاهر » .

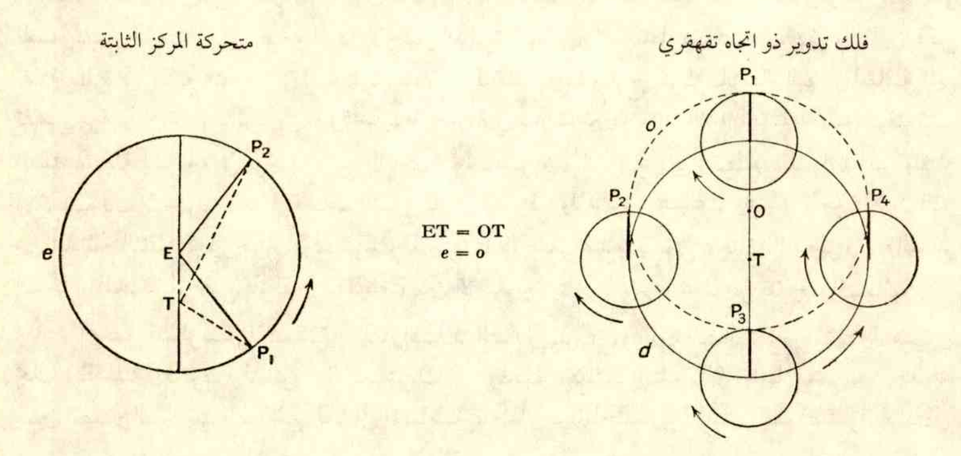
II ـ من « ارخميدس الى هيبارك »

ارخميدس وعلم الفلك: اهتم ارخميدس، كرياضي وفيزيائي، اهتماماً شديداً ايضاً بعلم الفلك: فقد كان يمتلك موسوعة شهيرة حول الكواكب، في العصور القديمة، وكان يعتني بالاطلاع على الادب الكواكبي ـ وعن طريقه بشكل خاص عرفنا فرضية «اريستارك» ـ وكما رأينا، في كتابه «آرينير Arénaire» اهتم

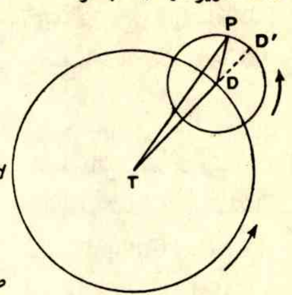
بالمعلومات المتعلقة بالمسافة بين النجوم واحجامها ، ولكن يبدو انه لم يقم ببحوث شخصية في علم الفلك . فقد كان اميناً للكوسمولوجيا Cosmologie القائمة على مركزية الأرض . ولكننا نجهل كيف فسر حركة الكواكب . وهذا القسم من علم الفلك هو الذي كان موضع اعمال مثمرة جداً بخلال الحقبة الهلينسية الرومانية .

نظام فلك التدوير Épicycle او الدائرة التي يدور مركزها على محيط دائرة اكبر ، ونظام الدوائر التي تدور داخل محيط دائرة اكبر لا تتعداه . Excéentriques : ان النظام الدقيق ، نظام الكرات وحيدة المركز Homocentrique ، الذي اطلقه « ايدوكس » واكمله كاليب Callipe وعَقَّده « ارسطو » يتعارض مع واحدٍ من المظاهر ، ومنذ نهاية القرن الرابع ، تحقق من ذلك علماء مثل اوتوليكوس -Auto lycus البيتاني Pitane : كل كوكب ، في هذا النظام ، يقع على نفس المسافة من الأرض ، لأن الكرات التي تحكم حركته كلها وحيدة المركز مع الارض ، في حين في الواقع ، كان القطر الظاهر للزهرة « لفينوس » وللمريخ ، على الاقل ، يتغير بشكل واضح تماماً . ولهذا تركت نظرية الكرات لصالح نظرية الدوائر الطليقة (Excentriques) والدوائر المقيدة (épicycles) **وهي نظرية أخذت تتكون** في القرن الثالث . وهذا يعني العودة الى العقيدة الراسخة الافلاطونية حول الحركات الدائرية ، مع التكييف مع معطيات اكثر فأكثر وضوحاً هي نتيجة الملاحظة والرصد .

وقد استعمل في بادىء الأمر كل من الاسلوبين على حدة . فالمدار الدائري الطليق المركز بالنسبة الى الأرض الثابتة ، يتيح الاطلاع بدقة كافية تناسباً مع درجة الدقة المحققة يومئذٍ بفعل رصد السماء ورصد « الشذوذ البروجي » ، اي كون الكواكب تجتاز اقواساً متساوية في ازمنة غير متساوية : وكان هذا هو الشذوذ او الخروج الوحيد الملحوظ ، في بادىء الامر في حركة الشمس والقمر . وقد كان من الممكن ايضاً تفسير « الشذوذ الشمسي » ، في الكواكب الصغرى ، ـ محطات وتراجعات ـ ، وذلك بجعل نظام المركز الطليق متحركاً ، وجعل مركزه يدور في الاتجاه المعاكس لاتجاه الكوكب في مداره ، حول دائرة اصغر ، مركزها هو مركز الأرض وطول شعاعها يساوي قياس الخروج المركزي .



فلك تدوير ذو اتجاه مباشر



اوج منحرفة المركز = E′

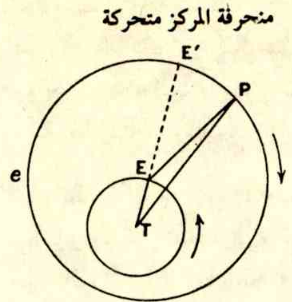
اوج فلك التدوير = D′

(شذوذ) $\widehat{E'EP} = \widehat{PDD'}$

ارض ـ كولب لها نفس =) TP

الطول ونفس الاتجاه فى الحالتين

منحرفة المركز متحركة



صورة 31 ـ منحرفات المركز وافلاك التدوير

اما فلك التدوير ، فهو يعني دائرة صغيرة يتحرك مركزها حول دائرة كبيرة حاملة تسمى الناقلة ، وفلك التدوير يدور على نفسه حول مركزه جاراً معه الكوكب المثبتة على محيط دائرته . في هذا النظام يكون دوران فلك التدوير حول الناقلة في الاتجاه المباشر متوافقاً مع انتقال الكوكب حول فلك البروج (وهو المدار الخاص بالكواكب) وحركة الكوكب حول فلك التدوير ، بنفس الاتجاه ، يفسر « الشذوذ الشمسي » بالنسبة الى الكواكب الصغيرة (وهذا الشذوذ يفسر في ايامنا بدوران الارض حول الشمس) : وبالفعل عندما يتحرك الكوكب نحو الجزء من فلك التدوير الواقع في الخارج بالنسبة الى مركز الناقلة ، اي الأرض ، فإن قطره الظاهر يتناقص ، وحركته تنضاف الى الحركة التي تجر فلك التدوير حول دائرة الناقلة ، ونحن نراه يتحرك بالاتجاه المباشر .

وعندما يتحرك على القسم من القوس المتجه نحو الأرض ، يزداد قطره الظاهر ، وحركته الخاصة تتعارض مع حركة فلك التدوير فوق الناقلة ، ونحن نراه يتقهقر في فلك البروج . ويبدو لنا واقفاً وذلك ـ عند وصوله الى نقطة في فلك التدوير داخل الناقلة ـ عندما يلغي تحركه الزاووي نحو الشرق ، الغاءً تاماً التحرك الزاووي لفلك التدوير فوق الناقلة . وكان من السهل التثبت من ميل المدار الكوكبي فوق دائرة البروج الاكليتيك (الدائرة الظاهرة لمدار الشمس) وذلك باعطاء ميل معادل لفلك التدوير (épicycle) فوق الناقلة . وقد ثبت انه اذا انجز فلك التدوير دورانه على نفسه بنفس الوقت الذي يضعه المركز لاجتياز الدائرة الناقلة ، انما باتجاه معاكس (تقهقر بالتالي) فكل نقطة دائرة في فلك التدوير ترسم دائرة تساوي الناقلة ، انما خارج المركز بالنسبة اليها والمسافة التي تفصل مركزي هاتين الدائرتين تبدو وكأنها بديل جيومتري للاكسنتريك Excentrique الثابت . وقد ثبت ايضاً بسهولة اكبر انه لا يوجد ، من الناحية الجيومترية ، اي فرق بين نظام فلك التدوير ونظام الاكسنتريك المتحرك ، الا في الحجم النسبي للدائرة الناقلة وللدائرة المنقولة ، وهذه الاخيرة تكون اكبر من الدائرة الناقلة ، في حالة الأكسنتريك المتحرك ، الأصغر عندما يسمى « فلك التدوير » . والتمييز الشكلي الملحوظ من قبل المؤلفين القدماء ، بين الاسلوبين يتأتى ، بدون شك من ظروف اكتشافها .

اصل نظرية الاكسنتريك وافلاك التدوير épicycles. من الذي اطلق لأول مرة في مجال الفلك فكرة الدائرة الاكسنتريك ؟ وفكرة فلك التدوير ؟ انها معركة جديدة بين انصار الترتيب التاريخي العالي المغامر ، والمؤرخين الحذرين الذين يرفضون استباق

الشهادات الثابتة . وتفيد الاطروحة الكلاسيكية ، اطروحة هيث Heath بشكل خاص ، ان منشأ فلك التدوير موجود في نظرية هيراقليد البونتي Héraclide du Pont : إذا قبلنا بأن هذا الاخير جعل الزهرة (فينوس) وعطارد (ماركور) تدوران حول الشمس وجعل هذه الاخيرة تدور حول الارض ، نستخلص بسهولة من هذا النظام المحدد رسيمة جيومترية يتمثل فيها فلك البروج [مدار الشمس] بواسطة ناقلة ، ويتمثل مدار كل من الكوكبين بفلك تدوير والشمس بنقطة هي مركز فلك التدوير . اما « الاكسنتريك » فقد ابتكرت من قبل فلكي مجهول في آخر القرن الرابع او بداية القرن الثالث ، بالنسبة الى الكواكب العليا ، التي تظهر سنوياً بشكل معارض ، بحيث تتوجد الأرض داخل الدائرة التي ترسمها « الاكسنتريك » ، والا لتوجب هنا ايضاً البحث عن نموذج محدد للرسيمة الجيومترية ، في نظام هيراقليد البونتي Héraclide du Pont ، هذا اذا كان صحيحاً ان هذا الاخير اجرى الكواكب الثلاثة العليا فوق دوائر كبرى حول الشمس ، المجرورة بدورها بحركتها السنوية فوق دائرة اصغر وحيدة المركز مع الأرض . الا ان العديد من الشراح الاقدمين والمحدثين ، لكتاب « تيمي » Timée لا يترددون في اعطاء « افلاطون » المعرفة بنظرية افلاك التدوير ، كما يعزون اختراعها الى الفيثاغوريين الذين يعتبرون ايضاً برأي هؤلاء الشراح ، انهم هم الذين تخيلوا « الاكسنتريك » : وهذا طرح مغرٍ ، ولكنه مستند الى براهين ذات قيمة غير متوازنة .

ومهما يكن من امر ، فهناك مقطع من « بطليموس » ، يدل بدون مواربة ان الاكسنتريك وافلاك التدوير كانت معروفة تماماً من قبل « ابولونيوس البرجي » ، وان هذا الاخير قد اثبت تعادلها جيومترياً . ومن صفحة اخرى ، من بطليموس يتبين بوضوح ، انه قبل اعمال « هيبارك » ، اي في النصف الأول من القرن الثاني ، كان الرياضيون قد فكروا في مزج ودمج الاسلوبين للتعبير عن الشذوذين في حركة الكواكب الصغرى : فلك تدوير للشذوذ الشمسي ، والناقلة الاكسنترية بالنسبة الى الشذوذ البروجي . واذاً فقد كانت الطريق ممهدة من قبل الجيومتريين عندما قام « هيبارك » ببحوثه .

هيبارك : نحن لا نعرف شيئاً عن حياة هذا الرجل الشهير من خلال عمله العلمي ، الا انه نشأ في نيسي Nicée من اعمال بيتيني Bithynie . وقد قام بغالبية ارصاده الفلكية في رودس Rhodes وفي الاسكندرية ، بين سنة 161 و 127 ق . م . ومن كتبه لم يصل الينا الا اقلها اهمية : شروحات حادة للقصيدة الفلكية الشهيرة التي كتبها في القرن الثالث اراتوس الصولي Aratus de Soles وعنوانها « الظاهرات » . ومن المتعب ايضاً تحديد مكانته في تاريخ علم الفلك : فقد حرص العلماء مرة ومرة على حرمانه من اجمل عناوين مجده لصالح الكلدانيين ، ولصالح « ابولونيوس البرجي » وبطليموس ، وبالعكس ، حرصوا على اعطائه كل مادة « المجسطي » باعتبار بطليموس ناقلاً بدون حرج . والواقع انه تمتع في حياته وبعد مماته بسلطة ضخمة ، يبررها بحق ما نعرفه من اعماله .

يجب ان يعتبر « هيبارك » واحداً من اكثر العلماء تمثيلاً للعصر الاسكندري ، وذلك بمقدار ما كانت اولية الرصد ، بالنسبة الى علوم الطبيعة ، طابع العصر . وانتقاده ، الذي يعتبر قاسياً

جداً ، للنتائج التي حصل عليها آراتوستين ératosthène في اعماله حول الجغرافيا الرياضية ، يدل عنده على حبه للدقة واحترامه المطلق للحدث الملحوظ . وهو بعمله لا يقوم بالاختراع النظري بقدر ما يقوم بوضع المعطيات الدقيقة وتحصيل النتائج الاكيدة المؤدية الى عدد قليل من الاكتشافات الاساسية .

ادوات الرصد : استعمل « هيبارك » ايضاً مثل غالبية العلماء ارصاده الشخصية ، وارصاد سابقيه ، انما باهتمام ملحوظ ، بصورة خاصة للكمية وللنوعية . ولقياس تغييرات القطر الظاهر للشمس وللقمر اخترع ميزاناً (ديوبتر Dioptre) خاصاً ، يعتبر تقدماً ملحوظاً بالنسبة الى الآلة التي صنعها « ارخميدس » : انها آلة للرؤية تقوم على قاعدة افقية طولها اربعة اذرع وتحمل صحيفتين عاموديتين ، الاولى ثابتة وفيها ثقب ، والثانية منزلقة وفيها ثقبان متراكبان : وعند وضع العين امام الصفيحة الثابتة باتجاه الكواكب المشرق او الغارب ، وبجر الصفيحة المتحركة الى وضع بحيث نرى الثقبين يلامسان الطرفين الاعلى والاسفل من الكوكب ، نحصل مباشرة على قطره الزووي . ولم يكن ميزان (ديوبتر Dioptre) ارخميدس يتضمن ناظوراً ثابتاً فيه ، والعنصر المتحرك يقتصر على مخروط صغير عامودي . وكان « بطليموس » يستعمل ديوبتر هيبارك ، الذي كان يعطي برأيه ، نتائج اكثر دقة من انسياب الساعة الشمسية ، انسياباً يقاس بين المرور المتتالي للطرف الاعلى والطرف الاسفل من النجم امام خط رؤية وحيد . وقد استعمل « هيبارك » ايضاً ، وبالطبع ، الادوات التي كانت مستعملة بعد ان ادخل عليها ، ربما بعض الكمالات : منها : ميزان (ديوبتر) عادي ، يستعمل لقياس ارتفاع الكواكب او انحرافها الزاووي ، وهو يتكون من آلة رؤية يمكن تحريكها عامودياً وافقياً بواسطة مسكتين مدرجتين ، ومنها ، ربما كان « الاسطرلاب » (Astrolabe) المسطح المسمى ايضاً الآلة الكونية ، بسبب استعمالاتها المتعددة ، في حين ان بعض المؤرخين يؤخرون ظهور هذه الآلة حتى القرن الثاني وحتى ـ وهذا امر غير ثابت ـ القرن السادس . وربما استعملوا ايضاً كرة مركبة تسمى اسطرلاب البحرية منذ القرون الوسطى ، وقد أشار اليها جيمينوس Geminus منذ القرن الاول ق . م . ، وكذلك بالتأكيد ثبتاً كواكبياً يشبه ثبت ارخميدس ، قبل ذلك بقرون ، وثبت بوزيدونيوس Posidinius ، بعد خمسين سنة ، ثم كرة الثوابت وتمثل مجموعات الكواكب .

الأرصاد البابلية : استخلص «هيبارك» افضل النتائج من ارصاده الشخصية بعد ان قارنها بالاسانيد التجريبية الفنية التي استقاها ليس فقط من عند اليونان ، ومن بينهم اريستيلوس Aristyllus وتيموشاريس Timocharis وهما فلكيان اسكندريان حددا مواقع عدة كواكب في بداية القرن الثالث ، بل أيضاً ، وبحسب الواقع ربما استقاها من عند البابليين . وعدا عن ان « بطليموس » قد صرح بذلك علناً ، ان الروزنامات البابلية حول القمر ، والتي يرجع تاريخ الأمثلة الأولى المعروفة منها الى القرن الثالث ق.م. ، ترتكز على ثوابت شبيهة بالثوابت التي استنتجت منها المتوسطات التي قبلها « هيبارك » بالنسبة الى حركات القمر ومن الممكن ان يكون هذا الاخير قد استعمل لحسابه المناهج الرياضية المستعملة يومئذٍ من قبل البابليين « والآتهم الخطية » . وبالفعل تجمع النصوص النجومية المتعددة واللاحقة ، والتي ليست كلها كاذبة ، اسم هيبارك الى حسابات مبسطة من هذا النوع . ونرى نفس الحدث يتحقق بالنسبة الى بطليموس . ومن جهة اخرى ، وقبل هيبارك بقليل وصل الى اليونان تقسيم الدائرة الى

360^0 ، وكل درجة مقسومة الى 60 دقيقة وكل دقيقة الى 60 ثانية ، وكان هذا النظام مطبقاً حتى ذلك الحين من قبل البابليين وحدهم . وبعد القرن الثالث لعب « المجوس المتهلنيين »Mages Hellénisés من امثال بيروز Bèrose ، واليونانيون ، مثل الفلكي الاسكندري « كونون الساموسي »، دور الوسطاء بين ميزوبوتاميا Mésopotamie واليونان . وفيما بعد استمرت تأثيرات المناهج الكلدانية ، بارزة في تطور علم النجوم وايضاً في بعض اشكال الفكر الرياضي . وما يبدو اليوم مستبعداً هو ان هذا التأثير قد استطاع ان يغير القليل القليل من مجرى تاريخ علم الفلك الجيومتري الذي كان انتاجاً حصرياً بالفكر اليوناني .

مبادىء ومناهج علم الفلك الاسكندرانية : الواقع ان « هيبارك » بقي ملتزماً بخط الفكر الهلينستي ، وقد احترم المبدأ الاساسي الذي وضعه الفيثاغوريون وثبته « افلاطون » ، مع سعيه الى الاعلان عن المظاهر ، بواسطة نظام من الحركات الدائرية والمتجانسة . واصالة علم الفلك الاسكندري تقوم على جهد صبور للتوفيق بين مطلبين حاسمين : قانون الحركة الدائرية المتسقة واحترام الوقائع بشكل مطلق . انَّ « بطليموس » ـ وكذلك ، وفي هذا نحن على يقين ، مثل هيبارك ـ كان واعياً لتناقضهما الذي يعتبر ، في نظره كما في نظر « ارسطو » ، كامناً في الرياضيات لانها تنطلق بآنٍ واحد من العقل الخالص ـ وهو مجال التيولوجيا Théologie ، ومن المحسوس ـ وهو مجال الفيزياء ـ وفي نظره المستنير بالفكر الافلاطوني ، يعتبر العالَمُ السماويُ ذو طبيعة آلهية ، أبديٌ وثابتٌ صمديٌ ، وهو محكوم بقوانين عقلانية خالصة ، والحركة الوحيدة الكاملة في جمالها وعقلانيتها هي الحركة الدائرية المستقة ؛ ويعود الى الفلكي مهمة « إثبات ان كل الظاهرات السماوية تحدث بفعل هذه الحركات » . وهذا ما يجب فهمه من ما ذُكر : « ان الخطوط المستقيمة التي يعتقد أنها تدير اما الكواكب واما الدوائر التي تحمل هذه الكواكب ، تغطي في جميع الاحوال وبدون استثناء زوايا متساوية في ازمنة متساوية بالنسبة الى مركز كلٍ من الحركات الدائرية » ويمكن القول ان هذا المعتقد المسبق قد لعب دوراً شبيهاً بدور قانون الجذب الكوني كمبدأ اساسي في التفسير .

ولا يكفي التأكيد على المبدأ ، ولا اقتراح ـ كما فعل الرياضيون السابقون على « هيبارك » ـ نظامٍ جيومتريٍ شبيهٍ بنظام افلاك التدوير او نظام « الاكسنتريك » ، او مزيجٍ من النظامين . وعلى العالِم الفلكي ان يطبق هذه الوسائل المعتمدة في البناء الجيومتري على الواقع المحدد في هذه الظاهرات ، وعليه ايضاً ان يكتشف القانون المعقول الذي يختفي وراء الفوضى الظاهرية فوضى المحسوس . ولهذا يجب ، وبكل دقة ممكنة ، رصد الخصوصيات الذاتية في حركة كل كوكب ، وتحليل مختلف شذوذاتها ثم تحديد ضخامتها ومدتها ، وبعدها فقط يتوجب على العالم ، ان يبحث عن التركيبة الجيومترية التي من شأنها ان توضح كل المظاهر . والعناصر التي يتوجب تحديدها هي العدد والضخامة ، وموقع مختلف الدوائر الداخلة في الامر وسرعة الحركة الدائرية التي تتم فوق كلٍ منها . واخيراً يتوجب على العالم الفلكي ان يبين بواسطة الجيومتريا والحساب الرقمي ان النظام الذي يقترحه يكفي للاعلام الدقيق عن كل المظاهر ثم بناء جداول دقيقة تعلن لمدة طويلة ، وبصورة مسبقة عن حركات الكوكب المعتبر حتى يمكن التثبت بواسطة الارصاد المستقبلية من قيمة نظامه .

نظرية الشمس والقمر:-تلك هي المهمة الصعبة التي التـزم بها «هيبارك». فبالنسبة الى الشمس اقترح نظريتين، مؤسستين الأولى على اسلوب «الاكسنتريك» الثابت، والاخرى على اسلوب فلك التدوير، مع الاشارة الى تعادلها: فاحدهما يكفي لشرح الشذوذ الوحيد في هذا الكوكب (اذا وضعنا جانباً تتالي التعادلات) ، اي تفاوت الفصول . وحدد « الخروج » (Excentricité) في دائرة الـدوران بـ 1/24من شعاعها ، اما الذروة فتتحقق عند الدرجـة 5,5° من اشارة بـرج الجوزاء (Gémeaux) . وانـطلاقاً من هذه المعطيـات استطاع ان يبني جـداول تدل عـلى موقـع الشمس في كل ايـام السنوات المتعـددة (600 بحسب بلين Pline القديم) . ووافق بطليموس على هذه النتائج دون ان يلاحظ ان ذروة هذا الكوكب قد تصاعدت ، في الحقبة بحوالي خمسة درجات .

وحالة القمر كانت اكثر دقة ـ فقمـرنا مـا يزال حتى ايـامنا هـذه يخيب توقعـات الفلكيين . واذا صح تصديق « بطليموس » ، يكون « هيبارك » قد نجح بصورة غير كاملة . وقد استخدم مع ذلك الجداول البابلية وبصـورة خاصـة جداول الفلكي « كي دين نـو Ki – Din – nu » الذي ذكره سترابون Strapon وفيتيـوس فـالنس Vettius Valens تحت الاسم المهلن سيـدنيـاس Cidenas ؛ فقـد حقّق وحسّن الحسـابات البـابلية المتعلقـة بالكسـوفات ، مُـدْخِلاً حقبـة من 4267 شهراً ؛ وتقـديره للشهر الالتقائي (السينودي) الوسط (29 يوماً 12ساعـة 44دقيقة 1/2 2ثـانية) . وهـو يختلف بنصف ثانيـة (اقل) عن القيمة الصحيحة . ولكن بحسب قول « بطليموس » الـذي تكلم طويـلاً عن هذا الفشـل عند هيبارك ، يكون تحليله الجيومتري للشذوذات غـير كامـل ، خاصـة وانه حصـل على نتـائج مختلفـة بواسطة اسلوب « الاكسنتريك » المتحـرك ثم بواسـطة اسلوب « فلك التدويـر » ، دون ان يتوصـل الى التغلب على هذا التناقض المتأتي من بعض الاخطاء في رصد الكسوفات التي اعتمدها .

اما الكواكب الصغرى ، فمن المقبول اليـوم مع بـطليموس ان « هيبـارك » اكتفى برفض القصـور في النتائج المحققة من قبل سابقيه، ثم تحديد مهمة خالفائه كما حددناها سابقا. والبرنامج الذي رسمه « هيبارك » بيد واثقة ولم يستطع او لم يشأ تحقيقه بنفسه ، لأنه كـان يؤمن بدون شـك انه لم يحز على المعطيات الموثوقة بما يكفي ، بُدىء بتنفيده عبر القرون التالية وانجزه بطليموس .

مبادرة الاعتدالين: ربما اكتشف الفلكي النيسوي(نسبة الى نيسي Nicée)«هيبارك» اجمل اكتشافاته وهو يعمل في نظرية الشمس : فقد لاحظ آن الشمس في حركتها السنوية، تحتاج الى وقت اطول بقليل لكي تعود الى نفس النقطة من فلك البروج (النسبة الفلكية = 365 يوماً و6 ساعات و10 دقائق، والقيمة الحقيقية = 365 يوماً و6 ساعات و9 دقائق و10 ثوانٍ) اكثر من الوقت اللازم للعودة الى خط استواء من ربيع الى آخر (السنة الشمسية= 365 يوماً 5 ساعات و55 دقيقة و 12 ثانية ، والقيمة الحقيقية هي 365 يوماً و5 ساعات و42 دقيقة و46 ثانية) . وقد شرح بصورة مضبوطة الظاهرة بواسطة الانتقال السنوي لنقط الاعتدالات نقاط التقاء او تقاطع فلك التدوير وخط الاستـواء ، والظاهـرة لا تؤثر في ارتفاع الكواكب الثابتة بالنسبة الى فلك البروج . وبالتالي ، وفي المنظور الأرضي المحوري يفترض ان سطح فلك البروج ثابت لا يتغير ، اما كرة الثوابت فتنجرّ حول محور فلك البروج حركة بطيئة دورانية بالمعنى المعاكس لحركتها اليومية . وبفعل هذا الدوران تتقدم نقطة الاعتدال الربيعي فوق فلك البروج

باتجاه الحركة اليومية ، ومن هنا اسم « تتالي الاعتدالات » الذي اطلق على هٰذه الظاهرة . وقد قدر « هيبارك » ضخامة الفارق السنوي بـ 36 ثانية في حين انه يبلغ في الواقـع 50 ثانيـة و26 . واعتدال الربيع الذي يقع في برج الثور زمن الامبراطورية البابلية القديمة سكن في برج الحمل ايام هيبـارك ، وبعد ذلك اخذ يتقهقر حتى برج الحوت . وقد عزى بعض المؤرخين اكتشافات تتالي الاعتدالات الى الفلكيـين الميزوبـوتاميـين Mésopotamiens من القرن الـرابع او القـرن الثالث ، ولكن فـرضيتهم مدحوضة اليوم ومَجْدُ هيبارك مبعوث ومستعاد .

جدول النجوم: يبدو هذا الاكتشاف مرتبطاً بمشروع آخر كبير «لهيبارك» هو جدول النجوم. فقد سبق له ان صحح ، في «تأويل الظاهرات» لآراتوس Aratus، جملة من الاغلاط ارتكبها الشاعر في مواقع الكواكب وفي تواريخ شروقها وغروبها الأرضي . وذكر بلين Pline القديم ان وجود كوكب في السماء هو الذي اعطاه فكرة تنظيم جدول « كاتالوغ » . والواقع ان الحوليات الصينية تشير الى ظهور نجم جديد نوفا Nova في برج العقرب سنة 134. ق.م. والمؤكد ان « الكاتالوغ » قد كتب بعد اكتشاف تتالي الاعتدالات . اذ في حين ان مواقع الكواكب في « تأويل الـظاهرات » تعين بنظام من المراجع مختلط ، مرتبط بآنٍ واحد بخط الاستواء وبفلك البروج ، يعـطي الكاتالـوغ لكل الكـواكب الارتفاع والطول المحسوبين بالنسبة الى فلك البروج، بحيث ان تتالي الاعتدالات لا يغـير شيئاً في الارتفـاعات ويغير سنوياً كل الاطوال بنفس القيمة الثابتة . وقبل « هيبارك » نشر « ايدوكس » و« وآراتوستين » ، كل على حدة وصفاً للابراج ، يفتقر الى الدقة . وهناك فلكيـون آخرون امثال « اريستيلوس » وتيمو شاريس Timocharis كشفوا عن بعض المواقع . وحدد هيبارك اكثر من ثمانمئة موقع اختيرت بدون شك بشكل يسمح بالتأكد لاحقاً هل الكواكب هي حقاً ثابتة . وقدم لهذه المهمـة كل دقـة منهجه في المراقبة .

والابهة الذي احاطت به العصور القديمة اسم هذا الفلكي ، ظهرت مبررةً ايضاً بصورة اجلى ، وذلـك عند النـظر الى التقدم الـذي ادخله ايضاً عـلى الجغرافيـا الريـاضية ، ثمَّ اذا تـذكرنـا انـه بنى الجـدول الأول لاوتار الدائرة . وبعد موته لم يوجد اي عالم له من المعرفة ما يكفي لوراثـة تركتـه ثم الوصـول بالمهمة التي قام بها الى النهاية . ولكن عملَه وَمَثَلَه لم يضيعا .

III ـ ذروة علم الفلك القديم

اذا لم يعثر ، بخلال القرون الثلاثة التي مضت بين اعمال « هيبارك » واعمال « بطليموس » على اي اسم لفلكي كبير ، إلا ان ادباً غزيراً ، ثم ذيوع التنجيم بشكل متمادٍ ، قد لفتا انتباه جمهور كبير الى معرفة الظاهرات السماوية ، التي كانت لصالح التأثيـرات البابليـة ، كما ان البحـوث المتخصصة رفعت علم الفلك في بعض النقاط الخصوصية .

قـطرُ الشمس ـ وبُعدُهـا بحسب رأي « بـوزيـدونيـوس » : ان القيـاسـات الفضلى لقـطر الشمس وبعـدها عن الأرض ، والتي تـركت لنـا من قبـل الأقـدمـين قـد حسبت من قبـل الفيلسـوف الـرواقي « بـوزيـدونيـوس » ، وهـو عـبـقـريـة مـوسـوعـيـة كـان لهـا اشعـاع ضـخـم

وقامت ببحوث شخصية حول مواضيع متنوعة تهم علوم الطبيعة وبشكل خاص علم الظاهرات الجوية « الميتيرولوجيا » والجغرافيا . لقد حسَّن « هيبارك » بشكل ملحوظ القيم التي اقترحها اريستارك حين جعل قطر الشمس مساوياً لاثني عشر (12 1/3) ضعفاً وثلث الضعف من قطر الأرض (بدلاً من 6 و3/4) ومسافة الشمس الى الارض تساوي 1245 مرة قطر الارض المتخذ كوحدة (بدلاً من 180 مرة) . وربما انطلق « بوزيدونيوس » من حساب ارخميدس ، وفيه يساوي قطر المدار الشمسي ، تقريباً عشرة آلاف مرة قطر الارض . وعلى كل حال ، نحن نعرف عن طريق بلين انه قَدَّرَ المسافة الوسطى بين الارض والشمس بـ 500 مليون ستاد اي ما يعادل تقريباً 92مليون كيلومتر (150مليون كلم في الواقع) وقطر الارض بـ 76400 ستاد ما يعطي نسبة 6550تقريباً (بدلاً من 11726في الواقع) . اما قطر الشمس فقد عدله فجعله (39 1/4) ضعفاً بالنسبة الى قطر الارض بدلاً من (108,9) ، هذا فضلاً عن انه لاحظ ، لاول مرة في التاريخ ، ان الشمس تبدو اعرض فوق سطح الافق مما هي في كبد السماء . وهذه نتائج رائعة لم يعرف « بطليموس » قيمتها لانه رد نسبة قطر الارض الى المسافة والى قطر الشمس بحيث تساوي $\frac{1}{605}$ و $\frac{1}{5.5}$. صحيح انه حصل على نتيجة افضل بالنسبة الى القمر : وذلك حين اخد قطر الارض كوحدة ، فكانت المسافة الوسطى من القمر الى الارض وكان قطر القمر ، على التوالي 29,5 و 0,29بحسب بطليموس مقابل 30,2و0,27في الواقع ، و $\frac{1}{5}$ 26و 0,157 بحسب « بوسيدونيوس » ، و $\frac{2}{3}$33 و 0,33بحسب هيبارك .

والى بوزيدونيوس نفسه يجب ان يعزى اكتشاف الانكسار الفضائي الذي به تفسر ظاهرة الكسوف المسمى بالكسوف « الأفقي » اي الوجود الآني فوق خط الافق ، للقمر المكسوف وللشمس الغاربة . لأنه قد وصف بصورة جيدة وشرح من قبل « كليوميد » ، وهو مُبَسِط من بداية عصرنا الذي استمد اكبر قسم من معلوماته من بوزيدونيوس .

نظرية الكواكب بعد هيبارك وقبل بطليموس : خلال هذه الحقبة تقدمت نظرية الكواكب بعض الشيء بدون شك وهذا التقدم نقل الينا بصورة غير مباشرة عبر مقطع مبهم وغامض مسند الى « بلين » القديم ، كُتِبَ حوالى سنة 77 ب . م . فيه حلل بلين بشكل غريب حركة الكواكب . ووصف الدوائر « الاكسنترية » بالنسبة الى الأرض ، هذه الدوائر التي تُبَعِّدُ مرة وَتُقَرِبُ مرةً كل كوكب من الأرض . وعَدَّدَ نقاطَ البروج حيث تقع الذروة القصوى والمسافة الدنيا لكل منها . ولكن اذا كان المؤلف يجهل نظام افلاك التدوير ، وهو التتمة الضرورية « للاكسنتريك » الثابتة في نظرية الكواكب الصغرى ، وَرَبَطَ بشكل غير منضبط « الاسباب المستحيلة النجومية ، الى عامله الجيومتري الأول ، فان الاطوال البروجية التي ذكرها تتوافق ، الى درجات قريبة مع المواقع التي قدمها بطليموس واثبتتها الحسابات الحالية ، على الأقل بالنسبة الى الشمس والى المريخ (مارس) والى المشترى (جوبيتر) والى زحل (ساتورن) Saturne . اما بالنسبة الى الكواكب الدنيا فالذروات كانت اصعب تحديداً في نظام مركزية الارض ،والاشارات التي نقلها « بلين » ليس لها اية قيمة . وعن المعطيات الاربعة المعترف بصلاحها تقريباً يكون المعطى المتعلق بالشمس من وضع هيبارك اما الثلاثة الاخرى فلم تنشر ويمكن إذاً القول ان عالماً اوعدة علماء ، نجهل هويتهم ، قد

قاموا ببحوث حول الكواكب الصغرى وفقاً للطريقة التي حددها الفلكي النيسوي بين نهاية القرن الثاني ق.م. ونصف القرن الأول من عصرنا . وعلى كل يجب ان لا ننسى ان البابليين من القرن الثاني ق.م. قد جعلوا في فلك البروج ذروات الشمس والكوكب المشتري (جوبيتر) ووضعوا له جدولاً يعطي اطوالاً قريبة من اطوال بطليموس . ومن الممكن ايضاً ان نص بلين لم يكن الا ترجمة بلغة جيومترية مزورة لمعطيات تجريبية قدمها علم الفلك البابلي الحديث .

علم الفلك البابلي والعلم الهلنستي: ازدهر الى جانب الرياضيات وعلم الفلك الهلينيين الخاصين المؤسسين على البناء الجيومتري . في بلاد اليونان وفي الحقبة الهلنستية والرومانية ، علمُ رياضيات وعلمُ فلك من منشأ ميزوبوتامي Mésopotamienne قائمين على مناهج رياضية بسيطة . وقد استمر هذا التراث بشكل رئيسي في كتابات علم الفلك الشعبي الذي حفظت لنا بعض اوراق البابيروس Papyrus نموذجه ، وفي قسم من الادب التنجيمي .

وهناك مثل جيد عن هذا التراث مقدم باسلوب خاص في التدليل على الارتفاع ، وهذا يقوم على العلاقة ، علاقة اليوم الاطول باليوم الاقصر ، في كل مكان مدروس . مثلاً في خط الارتفاع عند الاسكندرية $\frac{7}{5}$ لان الشمس تبقى فيه مرتفعة 14ساعة في منقلب الصيف و10ساعات في منقلب الشتاء . ولحساب عدد ساعات النهار يكفي جمعُ الأزمنة التي تضعها - لترتفع فوق الافق - علامات البروج الستة التي تلي نقطة فلك البروج حيث توجد الشمس عند كل من المنقلبين . ومن اجل تقدير ازمنة العلامات الاثنتي عشرة قام الفلكيون اليونان ، على الاقل انطلاقاً من المجسطي بحسابات تريغونومترية معقدة ولكنها مضبوطة ، يمكن ان تترجم بخط ذي حدبتين . وبالعكس ان الازمنة ، ازمنة الشروق ، التي ذكرها البابليون في جداول روزناماتهم عن القمر هي متزايدة بشكل موحد من برج الحمل الى برج العذراء ، وهي متنازلة من برج الميزان الى برج الحوت وتشكل منحنياً ذا حدبة واحدة . و« بطليموس » ، الذي يستعمل في المجسطي الاسلوب التريغونومتري ، يكتفي بالاسلوب المسمى الاسلوب « الخطي » ، في كتاب « تترابيبل « Tétrabible » وهو كتاب تنجيمي كتب بعد « المجسطي L'Almageste » ، لان ذلك كان هو العرف السائد في الادب التنجيمي . وكذلك بالنسبة الى الروزنامات القمرية : فقد استعملت معايير « البارامترات » Paramètres البابلية البسيطة جداً المحسوبة وفقاً لاسلوب حسابي خالص ، لدى الشارح المُبسط جيمينوس في القرن الأول ق.م. ، وفي البابيروسات اليونانية .

علم التنجيم (الاسترولوجيا): والأمر الأكثر غرابة هو وجود نفس الثنائية في الاسترولوجيا . وهذه الكلمة بمعناها الضيق ، اي بكونها فن تحديد تأثير الكواكب السبعة على هذا او ذاك من اقسام عالمنا ، وبخاصة على الانسان كفرد ، وبحسب موقعها من فلك البروج في لحظة خطيرة ، وبخاصة عند الولادة . لقد نشأ علم التنجيم في أواخر القرن الخامس في ميزوبوتاميا Mésopotamie . ولكن نهضتها لا تعود الى ابعد من القرن الثالث . واذا كانت القواعد العملية من اجل استخلاص الابراج او الطوالع بابلية ، فان كتب العقيدة تبدو كلها وكانها من اثمار الفكر الهلينستي ، كما هو الحال بالنسبة الى اكمل ما في النوع ، وهو

كتاب الترابيبل Tetrabible « لبطليموس » . وهكذا تكون فكرة الاسبوع الكواكبي من اصل بابلي . ولكن الترتيب الذي به اسندت اسماء الكواكب السبعة الى ايام الاسبوع ينطلق من تأثير هليني مزدوج .

وبهذا الشأن كل ساعة من الساعات الاربع والعشرين في اليوم تسند الى كوكب ضمن الترتيب التالي : زحل، المشترى ، المريخ ، الشمس ، الزهرة ، عطارد ، القمر . واطلقت على الساعة الأولى من اليوم الأول ، تسمية عرابتها «الشمس»، التي اعطت اسمها لليوم كله (راجع صندي = يوم الشمس) والساعة الثانية سميت الزهرة ، والثالثة عطارد ، الخ . . ، والرابعة والعشرين عطارد ايضاً ، والساعة الأولى من اليوم الثاني كان سيدها القمر الذي اعطى اسمه الى اليوم الثاني (لاندي) ، وهكذا . ولكن البابليين كانوا يجهلون تقسيم اليوم الى 24 ساعة . وترتيب الكواكب الذي كان يستعمل في النصوص المسمارية في الحقبة السلوقية (جوبيتر ، فينوس ، مركيور ، ساتورن ومارس) ليس فيه شيء مشترك مع الترتيب لدى اليونان ، الذي يتوافق مع تراتب الكواكب في علم الفلك الأرضي المحور .

وهكذا فالعلم البابلي النجومي لم يؤثر في تطور علم الفلك الاغريقي الا تأثيراً ضئيلاً جداً . فقد ظل العلم البابلي، ينمو ، على هامش تاريخ علم النجوم الجيومتري . وحتى علم النجوم البروجي ، وهو ابداع بابلي غزا تماماً كل العالم اليوناني الروماني ، تلقى تطوراته النظرية من العلم اليوناني ، وتراكم العنصرين ظل حتى ايامنا سمة مميزة من سمات علم النجوم . وهذه الظاهرة التي قد تثير الدهشة ، يفسرها بسهولة في الحقبة الهلينستية والرومانية ، الانتماء الحماسي والعقلاني للغالبية الكبرى من المفكرين المؤمنين بالعقيدة الفيثاغورية المنشأ ، والتي صاغها افلاطون Platon بقوة ، وتلقاها بدون تحفظ المشاؤ ن وبصورة خاصة الرواقيون ، وبموجبها تعتبر السماء والكواكب من منشأ الهي . وبدا تأثير هذه الكائنات الآلهية ، على مجرى الاشياء الأرضية وكأنه مبين باوالية الفصول وفي ما بعد باوالية المد والجزر ثم بالتوافق بين الشروق والغروب الشمسيين عند بعض المجموعات النجومية ، وعند بعض الظاهرات المناخية المنتظمة .

الميسّرون والباحثون المتعددو الموضوعات : وفي كل الاحوال ، لم يمنع هذا الايمانُ العلماء بحق امثال « بطليموس » ، و « هيبارك » من دون شك ، من متابعة بناء العلم الفلكي وفقاً للمناهج الدقيقة في الجيومتريا كما ساهم بقوة في نشر الاهتمام بامور السماء لدى الجمهور . من هنا ادب غرير تبسيطي فلكي ، من درجة عالية نوعاً ما . ودون التوقف امام الشروحات الفلكية (الكوسمولوجية Cosmologique) ، من نوع شرح شيشرون Cicéron الوارد في كتاب : « ناتورا دورم Natura Deorum » والتي تتفشى في الكتب الرواقية ، يمكن ذكر كتاب : « مدخل الى الظاهرات » الذي كتبه اليوناني جيمينوس Géminus ، والذي كان ، واحداً من تلامذة بوزيدونيوس Posidonius (القرن الأول ق.م.) ، وكتاب « كليوميد » حول الحركه الدائرية للاجرام السماوية (بداية القرن الثاني ب.م. اكثر من القرن الأول ق.م.) ، وهو كتاب غني بالمعلومات التي يعطيها حول النهج الجغرافي عند اراتوستان Eratosthène وحول

بوزيدونيوس ، وكتابا تيودوز البيتيني Théodose de Bithynie (حوالي مئة سنة ق.م.) : (حول الايام والليالي وحول المساكن) حيث دُرستْ تنوعات الرؤية السماوية تبعاً لتغير الطول او الارتفاع ؛ « عرض معارف مفيدة لقرآءة افلاطون » بقلم تيون Théon السميرني (بداية القرن الثاني ب.م.) ، والذي يتضمن في قسمه الرابع المخصص لعلم الفلك اشارات مفيدة حول كتب زالت الآن مثل كتاب ادراست الافروديسي Adraste D'Aphrodisias ، وهو مشائي من مطلع القرن الثاني ب.م. ويجب اعطاء لمحة خاصة عن حوار « بلوتارك » (اواخر القرن الأول بعد المسيح) « حول الوجه الذي يُرى في صحن القمر » نجد فيه ، في نهاية نقاش غني ، التفسير الصحيح للكلف في وجه القمر من ظلال تضاريسه . واخيراً في روما حيث جرى الاهتمام بعلم النجوم ، ألّف السيناتور مانيلوس Manilius قصيدة طويلة لا تخلو من جمالات حول التنجيم (بداية القرن الاول) ، في حين ان « بلين » القديم خصص للكوسمولوجيا كتاباً في « تاريخه الطبيعي » يعتبر كِمنْجَم للمعلومات ، وكشاهدِ على عقيدة مركبة حيث يختلط التراث البابلي بشكل غريب في اساسٍ من العلم اليوناني .

عمل «بطليموس» : وبعد ثلاثة قرون من الركود حيث كان الولع بالكواكب لا يوازيه الاّ تفاهة المنجمين، كانت الامبراطورية الرومانية في أوجها . وانتج « كلود بطليموس » كتاباً كاملاً بقي طيلة اربع عشر قرناً مثل الكتاب المقدس في علم الفلك . ورغم اننا لا نعرف شيئاً عن حياته ـ سوى انه قام بارصاده في الاسكندرية من سنة 127 الى سنة 141 ـ الا ان نشاطه معروف منا من خلال كتبه التي وصلت الينا غالبيتها ، اما بصيغة اصيلة اساسية او من خلال ترجمات لاتينية او عربية ، واشهرها : « التأليف الرياضي » : « وهو كتاب جامع في علم الفلك القديم »، وكتاب « فرضيات الكواكب » ، وهو عرض مختصر ومصحح لنظرية الكواكب ، « ومراحل الكواكب الثابتة » ، وهو نوع من الروزنامة حول شروق وغروب الكواكب ، وهو شبيه بالبارابغم Parapegmes القديمة ولكنه منظم من اجل خمس ارتفاعات رئيسية : ارتفاع اسوان على البحر (الاحمر) ، « الترابيبل » Tetrabible وهو قانون الاسترولوجيا الهلينستية ، ثم « المرشد الجغرافي » في ثمانية كتب ، وكتابان كبيران في « البصريات » و« السمعيات » سبق درسهما في الفصل السابق .

ويكفي استعراض بداية كتاب « التأليف الرياضي» ، حيث اشار المؤلف الى مضمون كتابه (المسمى المجصطي او الكتاب « العظيم » من قبل العرب في القرون الوسطى) حتى نرى ان « بطليموس » اراد ان يقدم عرضاً كاملاً للنظام المحوري ـ الأرضي : في بادىء الأمر بنية الكون بمختلف انواع الحركات السماوية ، ووضع الأرض وارتفاعاتها ، « الكتاب الأول والكتاب الثاني » ، ثم نظرية الشمس ونظرية القمر (الكتاب الثالث والرابع) ثم وصف الكرة السماوية وفهرس النجوم (الكتاب (8,7) واخيراً نظرية الكواكب الصغرى (13,9) . ولم يزعم بطليموس ابداً انه يقوم بعمل اصيل من اول الكتاب الى آخره ، بل يستند في اغلب الاحيان الى اعمال سابقيه . وقد قيل ، خطأ بالتأكيد ، ان كل شيء في كتابه قد اخذ من الآخرين حتى عندما لا يعترف بذلك . وقد دلت التدقيقات الاكثر تمحيصاً على عدم صحة هذه المزاعم واتاحت استنتاج واستخلاص ما قدمه المؤلف شخصياً ، وهو ضخم .

نظرية الكواكب عند بطليموس : وهكذا اعيد الى بطليموس فضل انهاء نظرية الكواكب التي بدأ بها هيبارك ، باستثناء السمت L'apogée والمهوى Périgée في الافلاك الدائرية (اكسنتريك)، التي حددت، على الاقل بصورة تقريبية بخلال هذه الفترة. لم يغير بطليموس شيئاً، بل احتفظ بالمعطيات الرقمية التي اقترحها سلفه وبيّن مثله تعادل فلك التدوير والفلك الدائري الخارجي . وعلى كل فقد صرح انه يفضل الاسلوب الثاني في حالة الشمس لأنه يتضمن حركة واحدة بدلاً من حركتين ، في حين ان هيبارك بوجه عام قد فضل الاسلوب الآخر . ولكنه اضطر الى تعديل نظرية القمر تعديلاً عميقاً ، فعقد قليلاً النظام المشترك بين افلاك التدوير والافلاك الخارجية (اكسنتريك) ، لكي يبني نظرية الكواكب الصغرى . وبعد ان ترك عطارد جانباً، وهو نجم اعتمد فيه بطليموس ترتيباً اكثر تعقيداً شبيهاً بترتيب القمر ، قدم هذه الرسيمة لهذه النظرية .

بحسب الطريقة التي حددها «هيبارك»، تُعَبِرُ دائرةٌ كبرى 0 ذات مركز 0 ، خارجة المركز بالنسبة الى الأرض T عن « الشذوذ البروجي » او بقول اخر عن التغييرات في السرعة الظاهرة للكوكب والمعزوة الى الفروقات في مسافته وبعده عن الأرض . هذا الفلك الخارجي يحمل فلك تدوير E ، يرسمه بالاتجاه المباشر ، اما « الخروج الشمسي على القاعدة » وهو المتكون من محطات ومن تقهقرات الكوكب - والذي يُفسر في نظامنا ذي المحور الشمسي بدوران الأرض حول الشمس سنوياً - فيُحل بالحركة التي يقوم بها الكوكب P حول فلك التدوير ، وبالاتجاه المباشر ايضاً . وأضاف « بطليموس » الى هذه الرسيمة التقليدية ، المعروفة منذ القرن الثاني ق . م. على الأقل ، عنصراً جديداً . وسنداً للمبدأ الذي اقره « افلاطون » ووافق عليه في مدخل « المجصطي » ، يتوجب على الكوكب في فلكه التدويري ، وعلى مركز فلك التدوير فوق ناقلته ان يتنقلا وفقاً لحركة واحدة منسقة . ولكن بطليموس ، « لينقذ المظاهر » لجأ الى حيلة غريبة : حول نقطةٍ A واقعة فوق امتداد المحور OT ، ومتناظرة مع T بالنسبة الى o بنى دائرة ثالثة d تساوي « الاكسنتريك » o . وقرر ان حركة فلك التدوير فوق ناقلته هي موحدة بالنسبة الى المركز A ، في هذه الدائرة الثالثة وليس بالنسبة الى المركز o من الناقلة . وبقولٍ آخر ان رسمنا المستقيم OE و AE وجمعنا مركز الناقلة o ومركز الدائرة الثالثة A الى مركز فلك التدوير T ، تكون D و F النقطتين حيث يقطع المحورُ T,O,A الحاملة o ، والزاويةُ DAE هي التي تنمو بشكل متناسق وليست الزاوية DOE . وقد تلقت هذه الدائرة الثالثة اسم الدائرة الاكوانت Equant . وكما يظهر بسهولة يختلف مفعول هذه الدائرة في حركة فلك التدوير ، وبالتالي في الكوكب بحسب ما اذا كان هذا الكوكب موجوداً في منطقة المهوى D او في منطقة السمت F : وعندما يحتل فلك التدوير موقعاً بحيث ان الزاوية DOE تكون اكبر من الزاوية FAE ، فالمركز E من فلك التدو. يتباطأ بفعل دائرة الاكوانت ، اذ يقابل قسم من القوس معين فوق الناقلة ، مثلا EF ، زاوية مركزيه اكبر من الزاوية « اكوانت » FAE . وبالمقابل عندما تكون DOE اصغر من الزاوية FAE ، تلعب زاوية الاكوانت دور المسرع . وهذا الوصف يجرنا الى ملاحظة مهمة جداً وضحها تماماً ب. دوهم : ان بَطليموس حين اعطى لنقطة متحركة فوق دائرة سرعةً متغيرةً بالنسبة الى مركز هذه الدائرة ، خالف [بطليموس] او على الاقل ثلم ثلمة كبيرة قانون الحركة الدائرية الموحدة . ومن هنا فقد تصرف تصرف

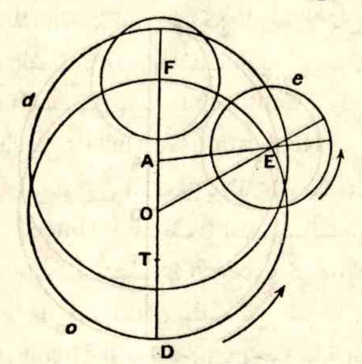
العالِم الحق ، الذي يتوجب عليه ان يكيف نظريته مع مقتضيات الوقائع : « يقول في « المجصطي » .

« على الفلكي ان يحاول بكل قدرته ان يوفق بين الفرضيات الابسط وبين الحركات السماوية . فان لم ينجح هذا فعليه ان يأخذ الفرضيات الاكثر ملائمة » .

وبالنسبة الى القمر وبالنسبة الى « عطارد »Mercure يتعقد الترتيب بفعل ان الحامل الخارجي المركز ، بدلاً من ان يكون ثابتاً فهو يدور حول نفسه باتجاه معاكس للمتحركات الاخرى حول الدائرة الصغرى الخارجية المركز ايضاً . ويظهر الفحص المفصل للتركيب نفس الثغرة في المبدأ الاساسي كما في حالة الكواكب الاخرى . والتحليل الذي قام به « بطليموس » لحركة القمر كان دقيقاً فاتاح له اكتشاف « التفاوت » و« التمايل » اللذين فاتا بحوث « هيبارك » . وقد حسب ايضاً بارالاكس Parallaxe القمر اي التفاوت الزاووي بين مستقيم يجمع مركز القمر الى مركز الأرض . وكان « ارخميدس » قد اكتشف وجوده ، وحاول هيبارك ، انما عبثاً ان يحسب زاوية . انحراف الشمس .

واخيراً من اجل التعبير بحركة دائرية عن التغييرات المنتظمة التي تصيب ميل سطح كل مدار كوكبي بالنسبة الى سطح الاهليلج ، ابتكر بطليموس ترتيباً ذكياً بسيط المبدأ :

صورة 32 ـ دائرة بطليموس



من المعلوم ان ميل المدار كان يُصَوَّرُ بميل فلك التدوير فوق « الاكسنتريك » فربط بطليموس نقطة فلك التدوير الاكثر قرباً من مركز الحاملة بمحيط دائرة صغرى عامودية فوق سطح الحاملة ومركزها ضمن هذا السطح ؛ وهذه الدائرة الصغرى المتحركة حول دائرتها الخاصة ، ترافق فلك التدوير في دورانه حول الناقلة ، فتعطيه تارجحاً تناوبياً بين جهتي سطح الحاملة ، ويحصل تأرجح كامل في الزمن المحدد لدوران فلك التدوير حول الناقلة ، اي دوران الكوكب حول فلك البروج . وعند المرور بالعقد (وهي نقط التقاء المدار الكوكبي بالمدار الشمسي) يتوافق سطح فلك التدوير مع سطح الناقلة . وحالة عطارد (مركور) والقمر تطرح هنا ايضاً مسائل اكثر صعوبة . وفي « فرضيات الكواكب » بسط « بطليموس » الحل فأحَلَّ كرة تدويرية مكان الجهاز المؤلف من « دائرة فلكية التدوير + دائرة عامودية » .

لائحة الكواكب: واصالة «لائحة الكواكب» التي نظمها الفلكي الاسكندري، لم يكن حظهما من النقاش اقل من حظ نظريته حول الكواكب : فقد قيل انه اكتفى بعرض لائحة « هيبارك » كاملة . ولكن

حول هذه النقطة ، كشف فحص دقيق أن لائحته كانت أغنى من لائحة سلفه ، بحوالي 300 نجم على الأقل . وقد ألمح «بلين» القديم ، حقاً ، بعد ثلاثة أرباع القرن قبل بطليموس ، إلى لائحة أخرى تضمنت 1600 كوكباً ، وخاصة أن 90% من هذه المعطيات الرقمية قد تحددت بملاحظات وحسابات أصيلة . وقد أدخل بطليموس التوزيع الكلاسيكي في الكواكب سنداً لبريقها الظاهر ضمن 6 فئات ذات معامل من واحد إلى 6 .

بطليموس آخر فلكي من العهد القديم: ان الخلاصة الموجزة لا تكفي لاعطاء فكرة عن نوعية واهمية الكتاب الذي انجزه بطليموس في مجال علم الفلك فقط: ويجب التثبت من ان كل مطلب هو موضوع تبيين دقيق وثمرة العديد من الملاحظات، ومن الاستعلام الواسع ومن التحليلات الرياضية الصعبة . وانه بالنسبة الى كل كوكب، اعاد من جديد، وفي اغلب الاحيان بوسائله الخاصة وضع ، التحليل الكامل لكل الحركات، وتفصيل المعطيات العددية. ولكي يحل عدداً من المسائل الجيومترية التي تطرح نفسها في مجال علم الفلك والجغرافية الرياضية تابع بطليموس كما رأينا ابحاث هيبارك وميناالاوس Ménélaus في مجال علم المثلثات الكروية .

ومعه انتهى تطور علم الفلك القديم الذي لم يكن تاريخه الا تاريخ تراجع هذا العلم ، بعد ان توقف بالنهضة التيودوزية في آخر القرن الرابع . واغلب الذين يهتمون بالظاهرات السماوية كانوا منجمين مثل ،اردیزان Bardesane وسنسورنيوس Censorènus ، وفيرميكوس ماترنوس Firmicus Maternus وهفستيون الطيبي Héphestion De Thébes ، وبولس الاسكندري Paul D'Alexendrie ، او من العلماء الموسوعيين المشبعين بالافلاطونية الحديثة الذين فسروا على هواهم ، في ضوء صوفية عصرهم ،« تيمية Timée » افلاطون امثال شالسيديوس Chalcidius وبروكلوس Proclus ، او « حلم سيبيون Scipion » لشيشرون Cicéron كما فعل مكروب Macrobe . وافضل الفلكيين بحق قادرون ، بالكاد ، على فهم اعمال بطليموس وشرحه . فقدموا « الشروحات » مثل الرياضيين بابوس Pappus وتيون Theon الاسكندري . وحتى نهاية القرن الخامس عشر ظلت سيادة بطليموس مسيطرة ولم توضع موضع شك الا من قبل المعجبين بارسطو الذين فضلوا على نظام الدوائر ، اوالية الكرات ، الدقيقة . .

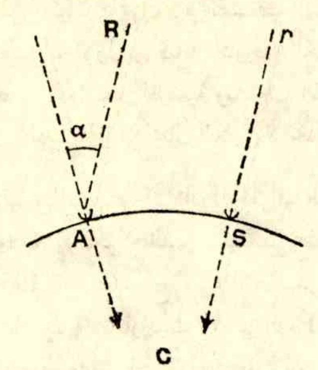
IV ـ الجغرافية الرياضية

المفاهيم المختلفة للجغرافيا: منذ ان اقرت كروية الأرض بصورة نهائية من قبل المجتمع العلمي ـ الواقع انه لم يكن هناك غير الابيقوريين ébicuriens وعامة الجماهير الجاهلة، التي ترفض الايمان بهذه الكروية ـ اي منذ نصف القرن الرابع، فتحت طريق جديدة امام الجغرافيا، التي قام «ارسطو» وبصورة خاصة ديسارك Diesarque يعملان على ان يجعلا منها ميدان علم مستقل . وجعل الجغرافيون الأوائل الاسكندرانيون ، وعلى خطى هذين الاخيرين ، للجغرافيا موضوعاً سوف يحدده بطليموس بعد ذلك باربعة قرون : « القاء الضوء على شكل الأرض وضخامتها وموقعها بالنسبة الى الكرة السماوية ، لكي يمكن تحديد مدى وتركيب القسم الذي نعرفه وفي ظل اية متوازيات سماوية تقع امكنتها

المختلفة . ومن هنا نستنتج اطوال الليالي والنهارات والنجوم المرئية في سمت السماء ، والكواكب التي تكون اما فوق الافق واما تحت الافق واخيراً كل ما هو موجود في مفهوم المكان المسكون او المعمور » .
هذا المفهوم الرياضي في اساسه للجغرافيا . بدا ضيقاً جداً في نظر عدد من المفكرين المهتمين بالحقائق الفيزيائية والاقتصادية والبشرية فوق سطح الكرة الارضية . اما كعوامل تتعلق بالواقع الفيزيائي ،واما كعوامل تاريخية : وهكذا ، تعلق بوليب Polybe في نصف القرن الثاني ق.م. ، واسترابون Strabon في ايام الامبراطور اغسطس ، الأول في كتابه التاريخي الكبير والثاني في جغرافيته ، [تَعَلَّقَا] بالوصف الاقليمي للبلاد وخصائصها ومواردها الطبيعية ونشاطها التجاري ونظامها السياسي . ولكن هذه الاعمال كانت اقرب الى مجال الادب منها الى مجال العلم ولا تخلو من اخطاء جدية .

آراتوستين Ératosthène وقياس الارض : ـ كان للجغرافيا الرياضية ثلاثة ممثلين مشهورين : « آراتوستين » ، و« هيبارك » ، و« بطليموس » الذي استعمل كثيراً اعمال « بحار صور » . كان « آراتوستين السيريني » (275 — 195 تقريباً) نموذج علماء الاسكندرية بحق : وقد استدعي من اثينا الى هذه المدينة من قبل« بطليموس الثالث » « افارجيت » Évergète وتولى عنده المهمة المرغوب بها ، وهي تربية ابنه الذي سوف يغدو « بطليموس الرابع » « فيلوباتور Philopator » . كما تولى امانة المكتبة . وقد لمع ايضاً في الاداب كمؤرخ وشاعر ونحوي كما لمع في العلوم : رياضيات ، فلك ، وجغرافيا . ولم يبق لنا من كتبه العلمية الا شذرات وملخصات . وهناك سمة صغيرة ذكرها بحنق خصمه بعد الوفاة سترابون Strabon ، تكشف عن موقفه العلمي : ان هذا « الاديب » قاوم اولئك ، وهم كثرٌ ، الذين كانوا يعتقدون بأن « هوميروس » معصوم في كل المجالات ، وكانوا يجهدون انفسهم في التوفيق بين المكتشفات الجديدة والنص الذي كانوا يعتقدونه مقدساً . وكان « كليوميد » قد عرض الطريقة التي استخدمها « آراتوستين » من اجل حساب حجم الارض ، وهذه الطريقة تعتبر تقدماً جدياً بالنسبة الى طريقة ديسارك Décéarque ، والمسألة ترد دائماً الى قياس قوس من محيط الدائرة الارضية ، بالوحدات الطولية وايضاً بالدرجات . واختار « آراتوستين» قوس الخط الهاجري بين الاسكندرية واسوان ، هذا الخط الذي يمتاز بثلاثة امور : فالمدينتان كانتا بشكل محسوس على نفس الخط الهاجري ، واذاً لم يكن هناك مجال لاحتساب فرق في الطول ، والمسافة التي تفصل بينهما كان قد قاسها المساحون المصريون . اما الفارق في الارتفاع فقد كان تقديره سهلاً بواقع ان الشمس لا تسقط ظلاً في اسوان ايام الاعتدال الصيفي ، ذلك ان المدينة تقع في المنطقة الاستوائية الشمالية ويكفي إذاً قياس الزاوية التي يشكلها ظل مع عامودي المكان ، وذلك بدقة في الاسكندرية ، وهذا القياس هو عملية سهلة بواسطة المزولة الشمسية النصف كروية : نفترض R و rشعاعان متوازيان دائماً من الشمس ، و Aالاسكندرية وS اسوان و Cمركز الأرض ، عند Sيكون الشعاع Srعامودياً ويمر في Cمركز الارض . عند Aيشكل الشعاع AR مع العامود CAزاوية α =الزاوية $\widehat{ACS}$. بالنسبة الى القوس المعتبر تشير المزولة الى $\frac{1}{50}$ من دائرة كبرى . اما قياس المساحين فبلغ 5 آلاف ستاد . من هنا نستنتج حالاً 250الف ستاد لمحيط دائرة الارض . ولكن كل المؤلفين القدماء يعطون 252 الف ستاد كعدد ادق . ولما كان « اراتوستين » يستخدم الستاد المصري وطوله 175,5 متراً . فإن 252الف ستاد تساوي 39690كلم . وهذه الدقة

الملفتة في النتائج خداعة وهي ناتجة عن اخطاء يلغي بعضها بعضاً : فاسيوط والاسكندرية ليستا واقعتين تماماً على نفس خط الهاجرة والمسافة بين المدينتين هي 5346 ستاد مصري . ولكن الفارق في العرض يساوي 5000 ستاد وهو عدد مقبول من الجغرافيين القدماء . وبواسطة الستاد اليوناني البالغ مرة 177,6 م ومرة 185 م ، نحصل على 44755 ك م وعلى 46620 كلم تقريباً .



الصورة 33 ـ قياس القوس الاسكندرية اسوان بواسطة المزولة النصف كروية .

« آراتوستين ومسألة المسكونية : المسألة الثانية هي تحديد ابعاد وشكل المعمورة . فهناك مسألة ثالثة مرتبطة تماماً بالثانية : هي تمثيل سطح الأراضي فوق سطح ما وهذا ما يسمى بعلم الخرائط . ولحل هذه المسائل طبق « آراتوستين » Eratosthène الطريقة التجريبية التي يعزى اختراعها عموماً الى ديسيارك Décéarque ، وقوامها تتبع ، (فوق محورين عامودين يجتازان المسكونة من الشمال الى الجنوب ومن الغرب الى الشرق) ، عددٍ من المسافات المعروفة . واحتفظ آراتوستين بخط الهاجرة وبالموازي اللذين اختارهما سلفه ، وهما يلتقيان في رودس ، ولكنه حسَّن تقدير المسافات بين المَعْلَمين او نقطتي الارتكاز خاصة بالاتجاه شمال جنوب : وهكذا بيْن اسوان وليسيماشيا Lysimachia فوق هلسبونت Hellespont ، عدَّ آراتوستين 13100 ستاداً ، اي 2000 او 2400 كلم مقابل 20000 ستاد (= 3000 او 3600 كلم) قال بها سابقه ، و1750 كلم في الواقع . وبعد ان اصبح من المعلوم استعمال المزولة بشكل علمي ، واصبح من الممكن القياس الدقيق لارتفاع الكواكب فوق الافق لم يعد حساب الارتفاعات أمراً صعباً ولا معرضاً لاغلاط جدية جداً ، شرط امكانية الوصول الى الاماكن او ارسال مراسلين اليها قادرين على اجراء الارصاد او الملاحظات . وكان الامر بخلاف ذلك فيما يتعلق بخطوط الطول لانعدام وجود الكرونومتر الذي يتيح مقارنة الساعة المحلية بساعة معيارية ، فاستعملت معطيات غير دقيقة انطلاقاً من تقديرات البحارة وقياسات المساحين الفرس او اليونان في آسيا . كما ان فرق الساعة بين الارصاد التي تتناول نفس الكسوف القمري ـ وهي ظاهرة مستقلة عن البعد الطولي تحت خطوط هاجرة مختلفة ـ ، لم يكن بالامكان تحديده بدقة . ويبدو فضلاً عن ذلك انهم لم يستعملوا هذا المؤشر ، المتاح وحده في العصور القديمة قبل « هيبارك » . كما ان الموازي الذي رسمه

« اراتوستين » من رأس سان فانسان الى مصبات نهر الغانج مروراً بمسينا ورودس وتابساك على الفرات ، « والابواب الغاسبينية » والحملايا ، هذا الموازي مهما بدا خالياً من الانحرافات ، الا الطفيفة منها عند مسينا ، في الشمال ، وعلى طول جبال الهملايا Himalaya في الجنوب (حيث كانوا يعتقدون ان سلسلة الجبال تتجه غرباً شرقاً بدلاً من شمال غربي نحو جنوب شرقي) ، وقياسها ، وقد قدر بـ 70800 ستاد ، هذا القياس كان يفوق الواقع بنسبة 20 الى30% . هذا التردُّد Flottement في تحديد الاطوال كان يفسد حتى قوة ومتانة حساب الارتفاعات ، لأن الجغرافيين كانوا يرسمون تحت نفس خط الهاجرة نقاطاً بعيدة عنه بشكل محسوس . وفي نهاية المطاف تصور آراتوستين عالمنا المعمور كبقعة طويلة من الشرق الى الغرب ، تحتل بهذا الاتجاه تقريباً ، 130 درجة (اي ثلث محيط الأرض) ، وهي اقل عرضاً بمرتين في الشمال عما هي عليه في الجنوب ، وانها محاطة من كل الجهات بالمحيط .

ووراء ذلك يأخذ الخيال مجراه : في أشعاره يذكر « آراتوستين » ايضاً معمورتين اخريين الأولى تقع في نصف الكرة الشمالي بين رأس سان فانسان والطرف الشرقي لآسيا ، والثاني في نصف الكرة الجنوبي مقابل نصف كرتنا . وفي القرن الثاني ق . م . تخيل كراتس المالوسي Crateès De Mallos توزيعاً تناظرياً للاراضي ، لقي نجاحاً كبيراً : اربعة عوالم او قارات، اثنتان في نصف الكرة الشمالي ومنها القارة الأوروبية ، وقارتان جنوبيتان في نصف الكرة الجنوبي ، ويفصل بينهما شريطان محيطيان يحيطان بالأرض ، الأول عند خط الاستواء والثاني وفقاً لدائرة كبرى تمر في القطبين .

العمل الجغرافي عند «هيبارك»: ان النتائج التي حصل عليها «آراتوستين» كانت موضوع انتقاد حاد من قبل هيبارك Hipparque، في ثلاثة كتب لا نمتلك منها الا اجزاء، غالباً ما هي مشوهة من قبل سترابون Strabonالذي اساء فهمها، ونتج عن ذلك ان هذا الانتقاد كان في اساسه سلبياً ومتركزاً على المسائل التي تمس بصورة مباشرة علم الفلك وعلم الخرائط. وقد عكف بصورة خاصة على ابراز ما هو فرضي وبالتالي غير علمي ، في اعمال «آراتوستين».

ولكنه جُرَّ بالتالي الى تحديد ماهية المنهج العلمي الدقيق . ونتعرف على « هيبارك » من هذا الموقف. فهو لا يسامح «آراتوستين»: أنَّهُ اطمأن الى تقديرات مشكوك في صحتها، تقديرات مسافرينَ او عسكريينَ للمسافات او للاتجاهات. وحدَها صالحةٌ، من اجل تحديد موقع مكان على سطح الأرض، الملاحظاتُ الفلكية: ارتفاع الكواكب فوق الأفق، ظل المزولة الشمسية، فرق الساعة في تسجيل كسوف القمر؛ وبالتالي قبل المخاطرة في تمثيل المسكونة او احد اجزائها يتوجب على العلماء جمع المعلومات الفلكية الاكيدة ، بعدد يكفي بحيث يرسم مجموع النقط المحددة مكانياً بدقة لرسم شكل الاراضي بدون خطأ . وقد اثبت « هيبارك » بنفسه كم كان هذا الحذر مبرراً بالاخطاء التي ارتكبت من قبله عندما حاول ان يصحح ، بناءً على نقطٍ دقيقة واضحة الاخطاء التي اكتشفها عند « اراتوستين » . مثلاً انه اجرى نهر الهندوس نحو الجنوب الشرقي . ولكن هذه المهمة لكي تتم بشكل صحيح ، تقتضي تنظيماً للبحث العلمي على مستوى المسكونة كما تقتضي جهازاً بشرياً مؤهلاً وبالعدد الكافي . وهذه الشروط لم تكن محققة فِي الزمن القديم ولا حتى بالازمنة

الحديثة ، فقد كان تحديد الاحداثيات الجغرافية في العالم قد اثار دائماً صعوبات بوجه العلماء . والى « هيبارك » ، بدون شك ، يعود الفضل ايضاً في اعطاء علم الخرائط اسسه الرياضية ، وذلك عندما بين كيف يمكن اسقاط او ترجيل شبكة خطوط الهاجرة والمتوازيات فوق سطح . وربما خطرت له ايضاً فكرة تمثيل خطوط الهاجرة بمستقيمات متلاقية قاطعة متوازيات منحنية وذلك قبل « بطليموس » بثلاثة قرون .

الجغرافيا الرياضية بعد هيبارك: قلما تقدمت الجغرافيا العلمية، وكذلكْ علم الفلك، بين القرن الثاني ق.م. والقرن الثاني بعده. وليس من المفيد الكلام عن آغاتار شيدس Agathar Chides السيمنوسي Scymnus ولا عن ارتيميدور Artémidore. وقد زعم بوزيدونيوس Posidonius ، في القرن الاول ق. م. انه حسَّن قياس الأرض .

فقد اختار كأساس لحساباته ، قوس خط الهاجرة بين رودس والاسكندرية ، واحتسب له 1/48 من دائرة كبرى (= 1/2 °7 بدلاً من 1/4 °5 في الواقع) وخمسة آلاف ستاد (تقديرات البحارة ، وهي زائدة بمقدار الربع) ؛ والخطأان يعادل احدهما الآخر ، والنتيجة النهائية ، التي نقلها « كليوميد » ، اي 240 الف ستاد (800 37 كلم) ليست عاطلة وان كانت اقل من نتيجة « آرتوستين » . وبدلاً من 240 الف عزا سترابون Strabon الى بوزيدينوس Posidonius العدد 180 الف (بالستاد المصري = 28350 كلم) واخذ به ايضاً « بطليموس » . مثل هذا الخطأ من قبل عالمين كبيرين بدا غير واقعي في نظر پ تنيري P.Tannery وپ دوهم P.Duhem : من هنا فرضية « سترابون » و« بطليموس » انهما استعملا الستاد « الفيليتيري » Philétairien ومقداره 211,4م ، الذي ادخله الى مصر الليجيديون Les Lagides . ولكن هذا التفسير يثير مصاعب لا يمكن التغلب عليها برأي الكثير من المؤرخين .

ولا يقال شيء عن الصفحات المخصصة للجغرافيا في الكتب الفلكية التبسيطية مثل كتب « جيمينوس » و« كليوميد » ، وفي « التاريخ الطبيعي » « لبلين » ؛ ولا ايضاً عن الكتب الصغيرة المتخصصة مثل كوروغرافيا بومبونيوس ميلا Pomponius Mila - (القرن الأول ب م) . أو القصيدة الوصفية ، وقصيدة دينيس البريجيتي Le periègete . Denys (القرن الثاني ب م) : لا يوجد شيء في هذه الكتابات المختلفة ، على اهميتها غالباً يستحق الاسم العلمي .

جغرافية « بطليموس » هل هي « لبطليموس » ؟ : ان « جغرافية » « بطليموس » ، مثل كتابه « التأليف الرياضي » تعتبر مَعْلَماً تاريخاً كبيراً في تاريخ العلوم ، وذلك بضخامة المهمة والغاية والمكانة التي احتلتها في القرون اللاحقة وحتى عصر النهضة ضمناً . ولكن صفتها العلمية لا تقارن بالنسبة الى قيمة المجصطي AL mageste ؛ فضلاً عن ذلك يوجد في نشأة وفي نشر الكتاب ، كما في بعض معطياته الكثير من المجهولات التي تفرض على المؤرخ تحوطاً حذراً في حكمه . لقد سبق ورأينا انه في نقطة اساسية ، هي نقطة وحدة الطول المستعملة في الكتاب ، يظل الشك ، قائماً ، شك يتناول فرقاً مقداره ٣٠ ٪ . والاكثر خطورة ايضاً هي الشكوك المتعلقة بالنص ذاته : فإذا وضع جانباً الكتاب الأول الذي يشكل نوعاً من المدخل المنهجي ، والكتاب الاخير حيث وصفت اساليب كثيرة في وضع الخرائط ،

تتألف الكتب الستة الاخرى من « المرشد الجغرافي » ، فقط ، تقريباً ، من لوائح لأمكنة مصنفة بحسب المناطق ، ومقرونة باحداثياتها الجغرافية . ولكن بين المخطوطات التي لا يعود اقدمها الى ابعد من آخر القرن الثاني عشر ، نكتشف فوارق بارزة ، ليس فقط في الاعداد - المدرجة بحسب الترقيم بالاحرف اليونانية - بل في لوائح المناطق والأمكنة . وبعض العلماء الموسوعيين يفسرون هذه المتغيرات بأن النص قد ادخلت عليه في القرنين الرابع والخامس تصحيحات وتحريفات عديدة . ويذهب علماء آخرون الى ابعد من ذلك ويزعمون ان النص الحالي لكتاب « الجغرافيا » يمثل مجموعة وضعها بيزنطي مجهول من القرنين العاشر والحادي عشر ، وان هذا المجهول قد استخدم اعمال « بطليموس » في علم الخرائط كما استعمل لائحة بالحواضر وضعها بنفسه : وهذا طرح مسرف من غير شك ومتعسف وقد أثار انتقادات حادة . ولكن يبقى ان النص المنقول عبر المخطوطات ، والذي لم يمحص بَعْدُ تاريخه بشكل اكيد ، لم يدون من قَبْلُ بهذا الشكل ، من قِبَل « بطليموس » . وبالنسبة الى الخرائط المقرونة بالنص في اغلب المخطوطات ، لم يعد من المقبول جداً اليوم القول بأنها انبثقت بخط مستقيم من الموديلات التي وضعها المؤلف . وليس من المؤكد حتى ، انه قد نشر منها شيئاً في حياته . وربما كان من المحتمل ان تكون الخرائط الموجودة في مخطوطاتنا قد صنعت في مصانع بيزنطية في القرنين 13 و14 ، مثل مصنع بلانود Planude ، إنما بعناصر اكثر قدماً ، ربما تعود ، في بعض منها الى نهاية الامبراطورية الرومانية .

بطليموس « والبحار الصوري » : واخيراً هناك مجهول ثالث ، اذ لا نعرف بشكل دقيق ، الى اي حد قام بطليموس ، وهو يكتب « الجغرافيا » ، بعمل اصيل أو الى اي حد استفاد من أعمال « بحار صور » الذي ذكره عدة مرات خاصة من اجل انتقاده . وهذا البحار هو الذي ابرز في مطلع القرن الثاني بعد المسيح ، أهمية الجغرافيا الرياضية وحاول ان يعطي صورة اصدق للمسكونة بواسطة شبكة من الخطوط الطولية والمتوازيات . وقد رُجِّلَتْ هذه الشبكة فوق خارطة مسطحة وفقاً للاسلوب المتعامد » ، المسمى فيما بعد «اسقاط ميركاتور Mercator » الذي يعطي تربيعاً مستقيماً مكوناً من خطوط مستقيمة متوازية ، وهذا النظام يؤدي ، كما هو معلوم الى تشويهات زاووية مهمة في الشمال وفي الجنوب من المنطقة المُسْقَطَة . ولكن في كل حال كان الاقدمون لا يعرفون شيئاً عن المناطق المجاورة لخط الاستواء وللدائرة القطبية . وكانت التشويهات الاكثر خطورة تأتي من الاغلاط المرتكبة عند تحديد الاحداثيات الجغرافية خصوصاً الطولية منها : فقد كان لها اتساع كبير ، وكانت تؤثر بشكل خاص بالفكرة المتكوّنة عن المسكونة وليس فقط عن تمثيلها فوق خارطة مسطحة . عند البحار Marin كان طول القارة الأوروبية الآسيوية يتميز من جزر الكناري الى « سين غان Si-ngan ويُعادل 228° بدلاً من 126° في الحقيقة وطول البحر المتوسط 62° بدلاً من 42° .

الاخطاء والمزايا عند« بطليموس » : لا شك ان «بطليموس» قد ادخل تحسينات محسوسة على المناهج التي استعملها «بحار صور Marin De Tyr - وعلى بعض اعماله ، ومع ذلك فقد سقط في اخطاء شبيهة باخطائه - هذا اضافة الى ما اضافه من عنده - لان المشروع كان قد بدأ يسير منذ انطلاقه في طريق مسدود «فبطليموس»

لم يكن يملك الا عدداً محدوداً من الملاحظات الكواكبية موزعة فوق سطح ضيق، حاله كحال البحار Marin ، ولذا استخدم تقديرات المسافات التي قدمها « الجوالون » واستخدم الخارطات الطريقية الموجودة ، او استعان بشهادات هي ايضاً موضع شبهة ، واستخلص منها ، بفضل حسابات واقتطاعات ركيكة « الاحداثيات » الجغرافية لمختلف الامكنة . فضلاً عن ذلك لم يلجأ دائماً الى المستندات الأكثر جدة ولا استغل بشكل افضل المستندات المتوفرة لديه ، ان التحليل النقدي ، منطقة فمنطقة ، للمعطيات العددية التي وردت في « كتاب الجغرافيا » ـ حوالي 8000 ـ حتى ولو لم تأت كلها من « بطليموس » يظهر بوضوح هذا الخطأ الاساسي . وبعد ذلك ، ان التحسينات التي ادخلها المؤلف في الحبك الرياضي ، والخرائطي لبنائه لا يمكن ان يؤدي الا الى تقدم محدود وغير متناسق : فقد اكتفى « البحار » على ما يبدو بمد ثمانية متوازيات بين خط الاستواء وجزيرة تولي (63^0 شمالاً) ، في حين مد « بطليموس » فيها 29 في « المجصطي » و21 في « المرشد الجغرافي » . ولكنه اخطأ كثيراً حتى بالنسبة الى الامكنة الاكثر شيوعاً ، فوَّقع مثلاً مرسيليا » على نفس خط عرض بيزنطة أما بابل فبزيادة $2^\circ \frac{1}{2}$ شمالاً . ثم ألم يطوِّلَ جزيرة سيلان حتى جنوب خط الاستواء ومهما جهد في تكثير خطوط الشبكة ـ خط في كل خمس درجات ، عند « بطليموس » وخط عند كل 15 درجة فقط عند البحار ـ وتقصير الضخامات التي وقع فيها سابقوه ، فقد ورَّث ، مع ذلك ، للاجيال اللاحقة ، صورة عن المعمورة هي الأكثر تضليلاً ، وذلك بفضل خط متوازٍ من الكنارى الى سينغان مقداره 180 درجة (مقابل 228 درجة عند البحار و126 درجة في الواقع) ، وبفضل قارةٍ جنوبية تصل شاطىء افريقيا الشرقي ، عند موزنبيق ، بشاطىء الصين . ونعرف ما هي النتائج التي نتجت في عصر النهضة عن هذا التمديد لآسيا تمديداً ايده تقدير خاطىء ايضاً « لارسطو » .

وبرزت عبقرية « بطليموس » في الرياضيات ، في مجال التقدم الذي اعطاه لعلم الخرائط . فبدلاً من الاسقاط العامودي عند البحار عرض « بطليموس » اربعة اساليب اكثر علمية . الأول لا يلائم الا الخارطات الاقليمية : فخطوط الطول المستقيمة والمتلاقية عند القطب تقطع خطوطاً متوازية مستقيمة . وفي الاسلوب الثاني تقطع خطوط الطول المتلاقية متوازيات محدودبة مركزها القطب حيث تنطلق خطوط الطول : وقد رأينا ان هذا الاسلوب قد ابتكره « هيبارك » بالتأكيد . اما الاسلوب الثالث الاكثر تعقيداً ، فقريب من اسلوب دي بون de Bonne ويوهم بالبعد المنظوري بالنسبة الى قارىء مقيم بقرب خط الطول المركزي : باستثناء المحور شمال جنوب المتوسط الذي اذا نظر اليه مواجهةً يأخذ رسماً مستقيماً ، اما بقية خطوط الطول فتستدير بصورة تدريجية مبتعدة عن خط الطول المركزي ، بحيث يبلغ التشوية مداه الاقصى في الطرفين الشرقي والغربي . ويتضمن الاسلوب الرابع خارطة مسطحة داخل كرة محلقة . ويبدو انه قلما استعمل .

وقبل الانتقال الى الحكم على كتاب الجغرافيا « لبطليموس » ، كما لم يتورع « هيبارك » عن فعله ، يجب التذكير بان عدداً من الاخطاء تعزى اليه ، تأتي من تعديلات لاحقة ، وانه قد دعم ايضاً وجهات نظر صائبة مثل توسيع القارة الاسيوية في الشمال وفي الشرق من جبال حملايا كما دعم الرأي القائل بسُكْنَى المنطقة الاستوائية (وهو امر اكد عليه پوليب Polybe وبوزيدونيوس Posidonius » ،

كما انه قارب الحقيقة في مسائل دقيقة مثل منابع النيل ومثل شكل الجنوب الشرقي من آسيا . واخيراً يمكن التساؤل هل ان العلم لا يستمد مكسباً من فرضيات خيالية وهل ان جرأة « بطليموس » لم تكن مفيدة كأفادة تحفظ « هيبارك » . والشيء الذي يؤخذ عليه بشدة هو انه عرض، كمعطيات اكيدة ورياضية ، نتائج استنتاجات ضعيفة مأخوذة من معلومات مشكوكٍ بها .

وكما هو الحال « بالمجسطي » في علم الفلك يعتبر عمل « بطليموس » الجغرافي نهاية تطور العلم القديم . وقد ظهرت في القرون اللاحقة ، جملة من كتب تصف العالم ، وتصف الرحلات ، والأدلة وتتضمن خلاصات ، ومجاميع مثل مجموع آغاتيميروس Agathémérus وسولين Solin ، ولكن التقدم العلمي لم يكن من ذلكَ في شيء ، ان الاتصالات الوثيقة بالشعوب البربرية الآتية من بعيد ، وبعض الرحلات الفردية في مناطق غامضة مجهولة في آسيا ، اعطت معلومات مجزأة وغير دقيقة وغير مسجلة في الادب المتخصص . وخلال حقبة النهضة القصيرة في القرن الرابع استخلص الرياضي « بابوس » ، وهو شارح واع لكتاب « المجسطي » كتاباً من « المرشد الجغرافي » . وربما نحن ندين له بعدد من التصحيحات والاضافات حتى في نص « بطليموس » .

مسألة الانواء او المد والجزر: لا بد من اعطاء مكان، في هذا العرض السريع، لاكتشاف مهم يتعلق بظاهرة جغرافية وفلكية بآن واحد، تطلب تفسيرها الكامل جهوداً كثيرة من علماء العصر الحديث: ذلك هو موضوع الانواء . وعلى الرغم من اشارة دقيقة ذكرها هيرودوت Hérodote بشأن الانواء في البحر الاحمر، لم يهتد اليونانيون ، وقد استفزتهم التيارات الهائجة في بعض مضائق البحر المتوسط ، لم يهتدوا حقاً الى الظاهرة إلا يوم غامروا خارج البحر المتوسط : بيتياس المرسيلي Pythéas Marseille في الأطلسي وبحارة الاسكندر في المياه الهندية حوالى سنة 325 ق . م . وهؤلاء هم بدون شك الذين ربطوا الظاهرة بتحركات القمر بالنسبة الى الارض . ولكن الكتّاب الاوائل الذين ظهرت عندهم معرفة هذه العلاقة هم انتيغون Antigone من كاريستوس Carystos ، والجغرافي الكبير « آراتوستين » ، في القرن الثالث . وقد كان هذا الاخير بشكل خاص وهو صاحب الفكرة في الربط بين الانواء المحيطية والتيارات المتتالية في مضيق مسينا ، واشار إلى ان المد والجزر المزدوج يومياً يتعلق بشكل وثيق بموقع القمر فوق الافق او تحته . وفي القرن الثاني لأحظ الفلكي سالوقس Séleucus من سالوقيا Séleucie بأن الأنواء ليست واحدة في كل البحار وفي كل حقبات السنة ، فأطلق تفسيراً (ميتيرولوجياً Méteorologique » للظاهرة يتوافق مع نظرية شمسية المركز والتي كان هو من انصارها : ان دوران القمر بخلاف دوران الأرض يضغط الهواء الذي يتضايق بحركته الاعصارية فيزيد مرة ويخفف مرة من ضغطه على المحيط . ولكن بوزيدونوس Posidonius هو الذي اعطى في كتابه « حول المحيط » افضل تحليل قديم لظاهرة الانواء التي لاحظها وراقبها في مدينة قاديش . وكان الأول ، فعلاً ، الذي عرف كيف يميز بين مراحلها الثلاث : نصف يومية - إذ وصف الحركتين اليوميتين لانواء الاطلسي ، المتطابقتين مع السمتين الاعلى والادنى للقمر - ثم نصف شهرية - فقد عرف ان كل تبدر [بدرية القمر] (Sizigie) تقابله حقبة ارتفاع الماء ، وان الترابع [تعامد كوكبين] يقابله سكون الماء - ثم نصف سنوية

اخيراً . وبرأي سترابون Strabon ان بوزيدونوس Posidoniusاعتقد بناءً على اقـول سكان قـادش ، ان الانواء ترتفع باستمرار من كل « اعتدال équinoxe » الى كل تحول Solstice(*) وانها تتراجع من كل تحـول او منقلب حتى الاعتـدال الثـاني ، اي عكس الـواقـع . ولكن سينيـك Sénèque وبلين Pline القـديم من القـرن الاول بعـد المسيـح ، وبـريسـين الليـدي Priscien Lydie من القـرن السـادس ، وثلاثتهم ورثوا بصورة غير مباشرة على الاقـل بوزيـدونوس Posidonius ، اقـروا الواقـع وصححوه ، دون امكانية معرفة هل ان الخطأ الذي اورده سترابون Strabon نتج عن إهمـال من جانبـه ، وهذا امـر ممكن ، ام انه اي الخطأ ورد في نص بوزيدونوس Posidonius .

ان هذا الاخير كان يعرف حتى الفـرق الحاصـل بين مـرور القمر وارتفـاع البحر : وقـد قدره بساعتين ، وهذه فرضية تتوافق تقريباً مع ما قرر في مرفأ قادش . وبالـطبع ، لم يكن بـوزيدونـوس Posidonius ولا اي من الرومان او اليونان ، الذين استلهموا دراستـه قادرين عـلى وصف الظاهـرة بشكل دقيق ، ولم يتصوروا حتى صعوبة تفسيرها . لقد كان بوزيدونوس Posidonius يعتقد بـوجود تأثير في طبيعة القمر ، الذي نظراً لكونه رطباً وحاراً ، يحدث انتفاخاً في كتلة المياه(؟) وكانت الانواء تهمه بشكل خاص كمثل من بين الامثلة من حيث تأثير القمر وغيره من الكواكب على الأرض ، وذلك في إطار العقيدة حول المحبة الكونية . ونظرية الانواء قلما احرزت تقـدماً كبيـراً حتى القرن السـادس عشر . هـذا رغم وجود عـالم ادخل تصحيحـات وتوضيحـات على التحليـل البوزيـدوني هو : بيد المحترمVénérable Béde ، الذي قام في القرن السابع باجراء رصد ومراقبة شخصيين فوق شواطىء انكلترا .

(*) مدة تعادل الليل والنهار : اعتدال : équinoxe الفترة التي تكون فيها الشمس ابعد ما يكون عن خط الاستواء ؛ تحول الشمس أو انقلاب الشمس : Solstice .

الفصل الرابع

العلوم الفيزيائية والاحيائية (البيولوجية)

بمقدار ما ازدهرت العلوم الحقة او المحضة ، الرياضية والفلكية والجغرافية الرياضية ازدهاراً حاداً في الحقبة الهلينيستية والرومانية ، كذلك علوم الطبيعة بالذات ، باستثناء الفيزياء النظرية ومختلف اقسام الطب ، توقفت بعد القفزة الى الامام التي اعطتها اياها بحوث « ارسطو » وتيوفراست Théophraste . ولا يعني هذا ان الانتاج الادبي المخصص للمسائل الفيزيائية والطقسية المناخية ، ومسائل البيولوجيا ، قد لقيت تضاؤلاً في الحجم محسوساً او انها لم يكن لها قراء : ان الشعبتين الفلسفيتين المتخاصمتين من الرواقيين والابيقورين épicuriens ، اعطوها مكانة هامة في نظامهم ، وكتبهم التبسيطية والمؤلفات الوصفية رأت النور باعداد كبيرة . ولكن البحث العلمي تقدم تقدما قليلاً نظراً لعدم وجود الباحثين ولعدم وجود منهج موثوق . ولهذا يجدر ان نمر سريعاً ، الاّ ما ندر ، حول هذه المجالات .

الفيزياء : في مجال الفيزياء يجب التمييز بين المعتقدات المتعلقة بالمادة وبالحركات التي تشكل الطبيعة ، معتقدات متضامنة مع النظم الفلسفية ، وبين البحث عن قوانين تتحكم ببعض الظاهرات ذات الاعتبار الذاتي . ان علم الكون عند الرواقيين ، كعلم الكون عند « الابيقوريين » هو وليد التأمل الميتافيزيكي اكثر مما هو وليد المنهجية العلمية . وكان الرواقيون يعتبرون العالم كبلورة عابرة متقهقرة بصورة تدرجية من الاثير السماوي نحو الأرض الخشنة ، من الهيولى المطلقة الازلية الناشطة هيولى زوس Zeus ، وبفضل الخصوصية التي يتميز بها كل عنصر من حيث امتزاجه الوثيق والكامل في العنصر المجاور تتولى نسمة نارية اوبنوما ، ومنبثقة عن الاثير الالهي ، بتغذية الحياة وبنشر العقل ، بشكل ناشط نوعاً ما في كل اجزاء الكون ، هذه الاجزاء المربوطة فيما بينها « بمحبة » غامضة وقوية . وبصورة دورية يذوب الكون بالنار الخالصة التي ليست ألا الروح المادية ، والقانون الضروري للعالم : والاكبيروز Ecpyrose او الاحتراق هو الذي يؤمن للكون اعادة ولادة كاملة « تناسخاً او تقمصاً)

اما « الابيقورويون » فقد رأينا انهم كانوا يكتفون باستعارة الفيزياء الذرية مدخلين عليها تعديلات بسيطة ، دون ان يستثمروا بمعنى علمي الخصوصيات الخصبة جداً في النظام .

ستراتورن اللامبساكي Straton Lampsaque : إلا انه كان هناك فيزيائي هو ستراتون اللامبساكي Straton Lampsaque ، حاول ان يحقق دمجاً علمياً لبعض النظريات الديمقراطية والفيزياء الارسطية . ومن الانتاج الواسع والمتنوع لهذا العالم الذي شارك مشاركة ناشطة في اول نهضة للعلم الاسكندري ، لم يبق شيء ، باستثناء بعض المقتطفات والخلاصات التي أسندت اليه بشكل غير ثابت دائماً . واذا فإننا لا نعرف الا شذرات من فكره ، ولكنها تكفي لتبين لنا اصالته وقيمته . وفي كتابه الكبير « في الفراغ » اخذ من ديموقريط Démocrite فرضيته حول المسافات الصغيرة من الفراغ داخل الاجسام ، ولكنه لم يقبل منه لا نظرية الفراغ اللامتناهي حول عالمنا ، ولا وجود الذرات ، لانه مثل « ارسطو » يرى ان المادة منقسمة الى اللا نهاية . وبالمقابل رفض مادتين اساسيتين في المعتقد الارسطي : اولاً نظرية « الامكنة الطبيعية » ، وبموجبها يحمل كل عنصر من العناصر الاربعة نحو منطقة معينة من الكون بقوة دافعة خاصة : فالنار بحكم خفتها المطلقة تنزع بذاتها الى خارج الكون ، والأرض نظراً لثقلها المطلق تنزع نحو مركز هو ايضاً مركز الكون ، والماء والهواء نظراً لخفتهما وثقلهما النسبيين ينزعان الى ما بينهما ، اما ستراتون Straton فبالعكس، يعترف لكل عنصر ، حتى للنار بثقل معين . والأجسام الاكثر خفة ، هي التي تحتوي على فراغ اكبر . وكل الاجسام تنزع نحو مركز الكون ، ولكن الاثقل منها ، يحدث ضغطاً اقوى فتقع تحت الاجسام الاخرى . اما الاختلاف الثاني فله مدلول ميتافيزيكي اكثر مما هو علمي : قدم « ستراتون » تفسيراً ميكانيكياً خالصاً للطبيعة دون ان يلجأ الى « المحرك الأول » ولا الى مفهوم (تليولوجي) اي غائي كما فعل « ارسطو » . واخيراً اورد « هيرون الاسكندري » في مقدمة كتابه « بنوماتيك » سلسلة من التجارب اجراها « ستراتون » حول الفراغ وحول الهواء في الانابيب : انها تجارب بدائية ولا شك كالانبوب المسكر المعلق بالشفتين أو المغطس واقفاً في الماء ، اما مملوءاً بالهواء واما فارغاً ، ثم (كاسات الهواء الطبية) (محجم) ـ ولكنها تكشف عن الارادة الحاسمة في ابطال كل الافكار المنقولة ثم الانتقال من الصفر بالارتكاز فقط على الوقائع المرصودة ، ثم اللجوء المنهجي الى التجريب المفتعل وليس الاكتفاء فقط برصد الطبيعة .

المهندسون في الاسكندرية : ولكن للأسف لاقت اعمال « ستراتون » ونظرياته الفيزيائية نجاحاً اقل في عالم العلم منها في عالم المهندسين الذين عمدوا ، منذ القرن الثالث ق . م . في الاسكندرية الى استغلال التطبيقات العملية للاكتشافات العلمية . واشهر هؤلاء كان تيسيبيوس Ctésibius وتلميذه فيلون البيزنطي Philon de Byzance في القرن الثالث ، وهيرون الاسكندري » (القرن الأول بعد المسيح) . وعلى هامش اعمالهم العبقرية كتقنيين قاموا أيضاً ببحوث نظرية وجدت آثارها في بعض من كتاباتهم التي نجت من الدمار : وهكذا نمتلك كتابين كبيرين بعنوان بنوماتيك . واحد لفيلون Philon والآخر « لهيرون » والكتابان مشتقان من كتاب « ستراتون اللامبساكي » حول الفراغ .

وهما اي « فيلون » « وهيرون » مثل « ستراتون » ، قالا بوجود الفراغ على الصعيد اللامتناهي في المادة لكي يفسروا قابلية السوائل للانضغاط وقابلية الاجسام للتمدد واختلاف الأوزان النوعية . ولكنهما عجزا عن التفسير الصحيح لظاهرة السيفون او الشراقة ، فقد انكرا امكانية وجود الفراغ

بشكل كتلة . ويعزى الى فيلون Philon تجربة رائعة استعيدت في القرن السابع عشر فساعدت على حل مسألة طبيعة الهواء : وباحراق مشعل في بالون مقلوب عنقه مغطس في الماء ، لاحظ ان الهواء قد استنفذ بصورة تدريجية باللهب الذي انطفأ ، وصعد الماء في البالون . وكان من نصيب لافوازيه Lavoisier ان يحل المسألة بشكل كامل . اما « هيرون » فقد عالج ايضاً المسائل النظرية في البصريات وفي الميكانيك وحتى في الرياضيات ، في كتب او في فصول خصوصية .

«ارخميدس» والثقل النوعي: والواقع ان الفيزيائيين حصلوا على النتائج الاكثر ابداعاً في المجالات التي استطاعوا فيها تطبيق النهج الرياضي . ان تقدم الميكانيك والبصريات والسمعيات قد سَبَق ودُرِس ونحن نذكر فقط البحوث التي حصلت في حالة الثبات (ستاتيك) وفي حالة السوائل الثابتة (ايدروستاتيك) في القرن الثالث ق.م من قبل «ارخميدس»: وفي كتابه حول «توازن السطوح او مركز ثقلها النوعي» قام « ارخميدس السيراكوزي » بعمل عالم جيومتري وبعمل عالم جبري ، وذلك عندما ركز الستاتيك على قواعد ثابتة لا تتزعزع ولكنه لم يذهب الى ابعد من ذلك ، في دراسة العتلة ودراسة مركز الثقل النوعي كظاهرتين فيزيائيتين ، اي انه لم يفعل اكثر مما فعله « ارسطو » بطريقة اقرب الى المغامرة ، ولكنها ليست اقل خصباً . وبالعكس ان كتابيه « حول الاجسام العائمة » هما اللذان اسسا الايدرو ستاتيك كعلم .

وقد اوضح « ارخميدس » ايضاً فكرة الوزن النوعي ، وهذا يذكر بقصة التاج التي اوردها فيتروف Vitruve : اودع هيرون Hiéron حاكم سيراكوزا ذهباً عند صائغ لكي يصنع له تاجاً ، تشريفاً لإلَهٍ . ووقع الشك حول الصائغ انه استبدل قسماً من الذهب بفضة . وطلب الى « ارخميدس » ان يقدم الدليل ، فقام بالعمليات التالية : غَطَّس في وعاء مملوء بالماء حتى حفافيه .

1 ـ حجم وَزْنةٍ من الذهب يساوي حجم التاج .

2 ـ حجم وزن الفضة المساوي لوزن التاج .

3 ـ حجم التاج . ولما كان حجم التاج واقعاً بين الاثنين ، عرف العالم بدون مشقة نسبة الفضة الممزوجة بالذهب .

هذا المثل يكفي للدلالة على ما نعرفه بحملة شهادات اخرى : ان « ارخميدس » لم يكن له فقط عبقرية الرياضيات التجريدية ، بل كان بفضل حسه الدقيق للواقع العملي وبفضل خصب تفكيره ، فيزيائياً كبيراً ، كما كان تقنياً قادراً على الاختراع وعلى صنع الاجهزة المخصصة لبحوثه وعلى صنع آلات الحرب ذات الفعالية المخيفة .

علم الارصاد الجوية او الميتورلوجيا: اعتبر الاقدمون الارصاد الجوية قسماً من الفيزياء ، لأنها تشمل برأيهم كل ظاهرات عالم ما تحت القمر، بما فيها الاحداث الجغرافية الخالصة مثل منشأ الانهار والانفجارات البركانية والهزات الاضية وتكون المعادن، لانهم كانوا يدخلون الفضاء في تفسيرهم.

ان كتاب الميتورولوجيا لارسطو واعمال « تيوفرست » استخدمت كأساس للبحوث وللنشرات

ذات ، المستوى الضعيف ، والذي طبع تاريخ هذا العلم بطابعه في الحقبة الهلينسيتية والرومانية فالمشائون والرواقيون والابيقورويون سهلوا وبسطوا او نهبوا محتوى مؤلفات « ارسطو » ومزجوا فيها احياناً كما فعل ابيقور Épicure ولوكراس Lucréce معلومات اكثر قدماً ، بعد ان لونوها ببراعة بفعل علمهم الكوني . ويستحق الذكر منهم فقط بوزيدونيوس Posidonius الابامي Apameé ، عند اليونان (135 — 51 ق . م . تقريباً وسينيك Sénèque (القرن الأول ب . م .) ، عند الرومان . والاثنان كانا من الرواقيين . وهذا الاخير كان جامعاً ذكياً اكثر مما كان باحثاً اصيلاً . ولم يبق لنا شيء من كتابات خصصها « بوزيدونيوس » للمسائل الارصادية الجوية . والشراح الذين بحثوا بحماس انعكاس نظرياته في كتب اليونان وبخاصة في كتب الرومان ، لم يتوصلوا الى استنتاجات قوية تحقق حولها الاجماع . من المعروف انه حول المسألة الرئيسية المتعلقة بالمذنبات كان « بوزيدونيوس » من رأي « ارسطو » : فهي برأيهما تكثفات لكتل هوائية ناشفة وصلت الى جوار الاثير ، والتهبت بفعل النار السماوية كما هو الحال بالنيازك . وكما هو الحال بالرواقيين الأولين اعتقد « بوزيدونيوس » ان الكواكب تتغذى بمواد تصعد من الأرض عبر الطبقات المتراكبة من الهواء . وبالفعل ، وهنا يختلف تماماً وبوضوح كبير عن ارسطو ، فقد كان لديه تصور وحداني وحيوي خالص للكون : ان الفضاء بالنسبة اليه هو المكان الافضل حيث يتم خلط كل العناصر التي يتكون منها العالم والتي كلها فاعلية وديناميكية تحركها قوة كونية خاصة هي مكان التبادل بين الأرض والسماء ، وبفعل وضوح الرؤية التي تمتع بها في بعض « الاسئلة الطبيعية » ، استطاع « سينيك » ان يتبوأ مكانا محترفاً بين علماء الارصاد في العصور القديمة وبخاصة في مسألة المذنبات : وهو الوحيد من العلماء اليونان الرومان الذي اعتمد نظرية، قال بها رجل اسمه ابولونيوس المندوسي (Apollonius de Myndos) وهو رجل شرقي لا نعرف عنه شيئاً اكثر من انه شبّه المذنبات بكواكب من نوع خاص . ولكنه كالآخرين اخطأ في موضوع الهزات الارضية .

علم الهزات الأرضية : منذ القديم اي منذ نشأة العلم اليوناني عكف الفيزيائيون على موضوع الهزات الأرضية وغيرها من الظاهرات الارتجاجية التي كانت تزرع في كثير من الاحيان الدمار في مختلف المناطق، في اليونان وآسيا الصغرى وايطاليا الجنوبية . وكان واضحاً ان السبب قائم في باطن الأرض . ولكن البعض كان يراه في الجيوب المائية . اوفي الانهار الباطنية ، والآخرون كانوا يرونه في كتل الهواء المضغوط . كرس ارسطو في الكتاب الثاني من علم الارصاد الجوية ، وتلامذته « تيوفراست وكاليستان وستراتون » ، مع تعديلات ، النظرية الهوائية . واعتمدت هذه النظرية ايضاً من قبل « بوزيدونيوس » الذي درس الظاهرات الارتجاجية بشكل اكثر منهجية على ما يبدو ، من كل العلماء الآخرين في العصور القديمة ، استقصاء مكاني مؤيد في رحلاته العديدة ، معرفة واسعة بمعجمية الموضوع ، تصنيف الهزات بشكل مفصل اكثر من تفصيل « ارسطو » . وعرف عمق الظاهرة والتغيرات الضخمة في سطحها . وتساءل ايضاً عن نتائج الهزات الارضية وارتفاعات الأرض وانخفاضاتها في تطور سطح الأرض ولكنه بقي اميناً لمبدأ كتل الهواء المضغوطة في المغائر الباطنية . وربما كان من هولاء الرواقيين الذين تكلم عنهم « سينيك » الذين كانوا يشبهون الأرض بالجسم البشري ، والذين كانوا تحت تأثير الاطباء من امثال اراسيسترات Erasistrate ، يؤمنون بان الأرض ايضاً لها قنواتها الخاصة حيث تتجول روح الاحياء . وهناك علماء

آخرون مجهولو الاسم والتاريخ ، ادخلوا النار الواقعة في بطن الأرض . وبرأي بعضهم ان هذه النار تأكل قسماً من باطن الأرض وتحدث انهيارات في السطح كما هو الحال في الحرائق . وبرأي آخرين تبخر النار المياه الجوفية وتطلق انفجار البخار والهواء المضغوطين ، وكردة فعل تطلق اهتزازات عنيفة في القشرة . وتبنى « سينيك » النظرية الهوائية ، مع هذا الفارق تقريباً انه قبل بسبب آخر فيما خص الرجفات البسيطة : سقوط كتلة صخرية في هوة في الاعماق ، منفصلة بفعل وزنها او بفعل حت المياه الجوفية .

الكيمياء : فيما خص الكيمياء لا يمكن الكلام عن تقدم او تأخر او جمود لأن الكيمياء كعلم تركيب الاجسام وتحولها لم يَرَ النور قبل القرن السابع عشر . الا ان الادب التقني في الحقبة الهلينستية والرومانية كان مفتوحاً اكثر قليلاً على عرض العمليات ذات الطبيعة الكيميائية ، والمطبقة في الصناعة او في الصيدلة : انه الجغرافي « آغاثارشيدس AgatharChidès » الذي وصف في القرن الثاني ق . م . تنقية الذهب بتذويب المعدن ، مضافاً اليه ، الرصاص او الملح ، في حين ان « تيوفراست » ، قبل ذلك بقرن ونصف لم يذكر الرصاص ؛ وبلين هو الذي عرف لأول مرة وبدقة ، الزجاج كحصيلة من ذوبان الرمل مع الصودا ؛ وشرح ديوسكوريد Dioscoride كيف يحضر دهوناً من الليتارج (اكسيد الرصاص) والزيت كما وصف التقطير والتعالي والتبلور والحمام الثابت الحرارة و(الباغماري) ؛ انهم . فيتروف Vitruve وديوسكوريد Dioscoride وبلين Pline ، هم الذين اضافوا ايضاً معلومات جديدة الى معلومات « تيوفراست » حول الانتاج وحول المفاعيل المدمرة للزئبق ، ولا تنتهي سلسلة تعداد كل الوسائل الكيمائية المستخدمة من قبل الاقدمين خاصة في مجال التعدين ، سواء كتبت ووصفت هذه الاساليب او لم توصف من قبل علمائهم ومهندسيهم . ولكن دراسة هذه التقنيات واستكمالاتها لا تهم تاريخ العلم بالذات الا اذا كان المؤلفون الذين عالجوها قد انطلقوا من اهتمامات ذات طابع علمي . الا انهم لم يبذلوا اي جهد لتفسير الوقائع المذكورة ، من اجل التفكير في عمليات تركيب الاجسام وتفككها . ان الظاهرة الكيميائية ليست معزولة ابداً ولا تدرس كظاهرة منعزلة : لقد ارتضوا بوهم ناشىء عن التأملات الأولى عند الفلاسفة الايونيين ، وهو وهمٌ كرسه « ارسطو » : قوامه ان المادة بحكم كونها واحدة وغير متميزة في الاصل ، فان كل عنصر من عناصرها التي كونتها يمكن في بعض الحالات ان يتحول الى عنصر آخر ذي طبيعة مجاورة ، من ذلك تحول الهواء الى ماء والماء الى ارض او العكس . ويطلب الى علم الارصاد الجوية تقديم الاثبات .

مصادر الخيمياء : انه هذا الاعتقاد العام بقابلية العناصر والجواهر للتحول ، والذي استند الى تجارب مشتركة حول التفاعليات المعدنية والصباغية ، غير المحللة ، والذي ساعد عليه تقدم التنورية الصوفية هو الذي اتاح نهوض الخيمياء . من المعلوم ان كلمة خيمياء من العربية : « الكيميا » وهي اشتقاق اما من كلمة « شوما » أي « الذوبان » اليونانية ، او من كلمة مصرية « شميا » Chémia الاسود . وبعد الهلنة تحولت الى شيميا التي تعني مصر بالذات او الأرض السوداء او السواد الأول ، اي الرصاص الذائب الذي كان المادة الاساسية في عمليات الخيمياء . او بحسب فرضية جديدة ، ان اصل الكلمة صيني هو شنل او كيملا Chin او la — Kimويعني عصير الذهب اي عصير نبتة منتجة للذهب

في الكيمياء الصينية ؛ اما الهدف المقصود ، فيقوم اساسا على التحويل الحقيقي لاربعة معادن حقيرة - هي النحاس والحديد والقصدير والرصاص - الى فضة وذهب . والبحوث التي اجريت منذ نصف قرن ، وبصورة خاصة من قبل ي . و . نونليبمن Von Lippmans وماكس ولمن Max Wellman ، كشفت تقريباً الخيوط المتشابكة في تاريخ الخيمياء القديمة ؛ وازدهارها قد تم في مصر في العصر « البطليموسي » : منذ عدة قرون كان الصناع الملحقون بالهياكل يتناقلون فيما بينهم وصفات سرية لتذهيب وتفضيض او طلاء الاشياء المقدسة - معدن حجر او قماش - من هنا كلمة « طلاء » التي اطلقت على هذه التقنيات . ولم يقتضِ الامر تغيير المعدن الفقير الى معدن ثمين . ولكن في بداية القرن الثاني ق . م قام عالم باطني من مدينة مندس في مصر السفلى هو بولس Bolos ، فنشر كتاباً حول الصباغة او الطلاء مقسوماً الى اربعة اقسام : ذهب ، فضة ، حجار كريمة ، وارجوان . وقد عثر على اجزاء من هذا الكتاب في مختلف اوراق البابيروس التي كانت موجودة في مدينة طيبا في مصر العليا . ومن جهة اخرى يجب ان نشبه ببولس Bolos هذا ، من يسمى « بديموقريط » المزعوم ، إذ نسب اليهما في القرون التالية عدد كبير من كتابات الخيمياء . من هذه الكتابات هناك مجموعة عنوانها « فيزيكا ومستيكا » : والواقع ان هذه المجموعة التي لم يصلنا منها إلا بعض الاجزاء ، يبدو انها كتبت قبل كتابات اخرى من نفس النوع ، وكلها تنتمي للقرون الثلاثة الاولى من عصرنا . والمقارنة الدقيقة بين « فيزيكا ومستيكا » وبين « كتاب الطلاء » ، ومعه بقية الاجزاء المعروفة عن « ديموقريط » Démocrite المزعوم تتيح الاستنتاج بإن مادته مأخوذة من كتاب « الطلاء » اي من بولس Bolos المنديسي Mendès ، وتمثل ما اضافه الى التقنيات المصرية المحترمة : معطياً اياها كأساس جديد عقيدة فيزيائية وميتافيزيائية صادرة عن تأمل فلسفي يوناني ، ان « بولس » هو الذي اسس الخيمياء بالذات .

نذكر على كلٍ انه ، سنداً لفرضية جديدة ان فكرة تحويل النحاس الى ذهب والبحث عن « الاكسير » (وهي لفظة عربية مأخوذة عن اليونانية اكسيريون = الشفاء) ربما انطلقا من القرون الاقدم ، من سوريا حيث عُثِرَ عَلَى رموز سحرية تذكر ببعض الصيغ الخيميائية ، ومن سوريا انتشرت هذه الصيغ ، حوالى القرن الثالث ق.م ، من جهة في الصين حيث تم تحويل « السينابر » (او ملح الزئبق) ، الى ذهب وهذا قد ايقظ الاهتمام بالخيمياء في القرن الثاني ، كما انتشرت من جهة اخرى في مصر ، حيث استعملت عملية التخمير السرية المكثفة . حتى لو كانت هذه الفرضيات ، وهي الأوهى ، قد تحققت ، واذا كانت الفكرة الأولى في التحول يجب ان تستبعد لتوضع في حقبة اقدم من نهاية القرن الثالث - الامر الذي يعتبر ممكناً ومعقولاً - يبقى دور « بولس » « المنديسي » اساسياً . والواقع انه هو الذي وضع قانون « الخيماء » ، حسب تعبير الاب فستوجير Festugière ، وذلك بمزج مبدأين فلسفيين : قانون المحبة والبغض ، وبموجبه تتحد كل الجواهر او الطبائع في العالم الفيزيائي او تتفرق - من هنا العبارة التي تتردد كثيراً في النصوص القديمة الخيميائية : « ان الطبيعة تعشق طبيعة اخرى » - والمبدأ الثاني هو مبدأ وحدة المادة الأولى الذي يجعلُ التحول الحقيقي والمُبْتَغى ممكناً من هذه المادة المطلقة الى هذا الجوهر او ذاك . ولكن المادة الأولى ، بالنسبة الى الخيميائيين في العصور القديمة هو الرصاص المذوب والمُسَّود - وفيما بعد استبدل بالزئبق وهو سائل ثابت الحرارة - ولتحويله الى ذهب او الى فضة

يجب ويكفي ان نضم الى هذا « الأسود » الأول جواهر او مواد ذات عشق او محبة طبيعية من شأنها ان تعطيه كل صفات المعدن النبيل . ومن هذه الصفات الابسط والاسهل نقلاً كان اللون . وجهلهم بخصائص الاجسام والمعاني الكيميائية الأولية يفسر أنَّ الامكانية المجربة في تلوين المعادن وغيرها من المواد تحولت الى تأكيد تجريبي لامكانيةٍ ـ ثابتةٍ نظرياً ـ هي امكانية اعطاء المادة التي لا شكل لها كل الصفات الاخرى الذاتية في المعادن النبيلة .

وطيلة ثمانية عشر قرناً تابع الخيميائيون ، الذين برز بعضهم كمجربين قادرين ، اوهامهم وكوَّموا كمية ضخمة من النصوص غير المعقولة الى حد ما . وفي زمن الامبراطورية الرومانية انتشر الصيادلة الاطباء المزعوم انهم مطلعون من خالقهم على الكشف ، ومشاهدة الاشخاص الآلهيين او البشريين : هرمس Hermès التريسمجستي Trismégiste ، ايزيس Isis ، كليوبترا Cléopatre ، الخ . وفي حوالي السنة 300 كتب زوسيم Zosime من بانوبوليس Panopolis (مصر السفلى) وهو اكبر خيميائي في العصور القديمة مع « بولس » المنديسي Mendès ، كتب مؤلفاً موسوعياً من ثمانٍ وعشرين كتاباً ، يغلب فيه طابع التصوف : في حين ان هذه الصفة كانت عند سابقيه المجهولين غير ملحوظة نسبياً ، اما في عمل زوسيم Zosime ، فترتدي تقنية الخيمياء ونظريتها طابع الدين الباطني . اما الممارسات العملية فتشبه حفلات الاسرار ، التي لا يمكن مباشرتها دون تعليم سري ودون استعداد روحي صعب . وظهرت الخيمياء بعد ذلك مقسومة الى مدرستين : مدرسة التنقيين ومدرسة الصوفيين او السحرة . والى الفئة الثانية ينتمي اغلب الشراح الذين بهم انتهى في القرن الرابع والقرن الخامس تاريخ الخيمياء القديمة .

العلوم البيولوجية : بخلاف ما كان حاصلاً بالنسبة الى الكيمياء ، بدا تراجع العلوم الحياتية في العصر الهلينستي والروماني عميقاً بمقدار ما كانت هذه العلوم قد ازدهرت ازدهاراً رائعاً ايام «ارسطو» و«تيوفراست» . ولكن هذا الشعور هو خاطىء جزئياً . لأنه اذا كان صحيحاً تقهقر علم النبات وعلم الحيوان تقهقراً سريعاً ، فان علم التشريح وعلم وظائف الاعضاء قد احرزا تقدماً هائلاً ندرسهما مع الطب . وبدلاً من تقهقر البيولوجيا يتوجب الكلام عن تخصص في البحث البيولوجي ، الذي اهمل النباتات والحيوانات وتركز على الانسان . وما بقي حقاً هو انه اذا وضعنا جانباً الفلاسفة الذين يعتبر تفكيرهم فوق العلم ، فانه لم يوجد « ارسطو » جديد قادر على احتواء مجمل علوم الحياة ثم اكتناه نظرية بيولوجية . ولكن هناك استثناء يجب ذكره بالنسبة الى نقولا Nicolas الدمشقي Damas ، الذي حاول في القرن الأول ق.م. ان يدمج علم النبات بالبيولوجيا وبالفلسفة المشائية في كتاب ضخم « حول النباتات » اعتبر لمدة طويلة وكأنه « لارسطو » بالذات مع تفاوت في القيمة .

علم النبات : وقع هذا العلم بين يدي الغراسين وصانعي الأدوية : وكان العديد من هؤلاء الاخيرين ، يسمون باصحاب الاشربة او المعشبين لانهم كانوا يجمعون الاعشاب ذات المنفعة الطبية ؛ العديد من هؤلاء تركوا « كتالوغات » عن النباتات ، تصفها بدقة بالغة ، مع الاشارة الى كل منها ومختلف تطبيقاته واستعمالاته الشفائية والسمومية : من ذلك ان نيكاندر Nicandre من كولوفونيا

Colophon ، وهو شاعرٌ من القرن الثاني ، ذكر 125 نبتة في كتابه « الترياق » ، وفي كتابه « الاكسير الصيدلاني » . اما كراتيفاس Cratévas ، وهو طبيب شهير عند ميتريدات Mithridate — (132 63) والذي كان بنفسه صاحب كتاب في السموم ، فقد فعل اكثر من ذلك : إذ كان اول من زين كتابه بواسطة الرسوم التي تمثل كل واحدة منها نبتة من النباتات الموصوفة . وكان النص مقتصراً على معلومات أجزائية . وربما كانت هذه الصور هي التي استعملت كنماذج لمزيني الكتاب الاشهر في هذا المجال : « المادة الطبية » ، وهو مؤلف من القرن الأول ، (نصفه) من عصرنا ، من قبل الطبيب العسكري (ديوسكوريد Dioscoride من آنازاربا Anazarba((سيليسيا Cilicie)) . ومن أصل الكتب الخمسة، خصصت ثلاثة كتب ونصف لوصف 600نبتة تقريباً ـ وقد ذكر منها تيوفراست حوالي 500 :عين لكل نبتةٍ منها اسماءها المختلفة ، وتشريحها من جذورها حتى اثمارها كما ذكر موطنها ، وخصائصها واسلوب استعمالها في الطبابة . اما بقية الكتاب فتتضمن معلومات متعلقة بالحيوانات وببعض المستحضرات مثل الحليب والعسل كما تتعلق بشكل خاص بعمليات كيميائية بسيطة . وقد صنفت النباتات بحسب خصائصها الطبية ، ولكنها على العموم جمعت ضمن أُسَرٍ او عائلات . والكتاب جيد من حيث منهجه ودقته ، وقد عرف حتى اواخر عصر النهضة شهرة بالغة ولعب دوراً في تاريخ علم النبات الوصفي . وقد نُسِخَ عدة مرات منذ العصور القديمة ، كما لخص او عدل . من ذلك ان المخطوط الشهير باسم آنيسيا جوليانا Guliana Anicia (وهي سيدة عظيمة استنسخته في بداية القرن السادس) يحتوي على العديد من الرسوم الملونة التي تعود نماذجها ، بدون شك الى وقت ديوسكوريد Dioscorid ، ويعود بعضها الآخر الى عصر كراتيفاس Cratévas (القرن الأول ق. م.) ويُقدم نصاً معدلاً بشكل سيء ، حيث رتبت النباتات فيه وفقاً للترتيب الابجدي . وعمل « ديوسكوريد » ، مهما بدا غير علمي في غايته ، فهو يكسف مع ذلك الكتب النباتية التي وضعها بلين Pline القديم ، من حيث الدقة ومن حيث الصفة الشخصية في الأوصاف . ومن اصل الكتب الستة عشر من « التاريخ الطبيعي » المخصصة للنباتات وللعلاجات المستخرجة من النباتات ـ وهي تشكل نصف الموسوعة البلينية ـ نجد انَّ اهمها هي الكتب التي تُعنى بزراعة الاشجار وزراعة الاعشاب : فنجد فيها جملة من المعلومات الثمينة حول الإنبات وحول اساليب الزراعة المعروفة من الاقدمين ، رغم خلوها من اي تقديم علمي جديد ورغم افتقارها الى الروح النقدية التي لا يمكن تطلبها من موظف كبير عصامي ومتكالب على المعرفة .

الزيولوجيا او علم الحيوان : لم يكن لهذا العلم عالم مثل « ديوسكوريد » ؛ فبعد الاعمال الاساسية التي قام بها « ارسطو » ، خضع حب البحث للميل الى التظاهر ، الذي وجد غذاءه في اقاصيص المسافرين ، وفي الاساطير من كل مصدر . . فمن كتاب « كاتالوغ العصافير » ، ومن مجموعة الكتابات ارسطو وتلامذته ، المحررة في القرن الثالث : « الأول من قبل الشاعر كاليماك Callimaque ، والثاني من قبل النحوي اريستوفان Aristophane البيزنطي ـ لم يبق شيء .

وكان مؤسس ادب « العجائب » الحيوانية انتيغون Ahntigone الكاريستوسي Carystos (حوالي السنة 200 ق. م.) ، وتبعه في القرن الأول ق. م. الاسكندر المندوسي Myndos

Alcxandre de . وليس اسهل من القول بأن الكتب الاربعة « لبلين » القديم (التاريخ الطبيعي ، 8 — 11) ، حيث درست على التوالي الحيوانات البرية ، والاسماك (اي الحيوانات البحرية واسماك الانهر) ، والطيور والحشرات : وهو تجميع يفتقر الى الانتقاد والى الملاحظات الشخصية ، او ما يشبه ذلك ، كما يفتقر تماماً الى التصنيف العلمي وحتى الى الترتيب البدائي مع كثرة في الاغلاط وذكر للاساطير المستهجنة ، بقدر لا حد له ، هذا لم يمنع ان بلين ، لم يكتف فقط بالسطو على « ارسطو » ، فقد اغنى بشكل خاص كتاب « الحيوانات » المنسوب الى الستاجيري Stagirite ، وذلك بعد ان اخذ عن كُتَّابٍ آخرين حوالي اربعين حيواناً ثديياً ، وحوالي خمسة عشر زحافاً وبرمائياً ، وحوالي خمسة وعشرين سمكة وثلاثين حشرة . كما ان نصَّه ساعدنا كثيراً في معرفة المعجمية والفلكلور والمطابخ القديمة . وتأثيره كان ضخماً طيلة القرون الوسطى وعصر النهضة . عنه وعن « الاسكندر المندوسي » اخذ الكاتب « المسيحي النزعة » ، كاتب « الفيزيولوغوس » ، احد كتب الحيوانات الوسيطية التي نشرت في الاسكندرية حوالي السنة 200 ، كما اخذ كلود اليان Claude Élien الذي كتب بنفس الحقبة سبعة عشر كتاباً حول « الحيوان » واربعة عشر كتاباً حول « تواريخ متنوعة » فاستنفدا القسم الاكبر من اسانيدهما . هذا الادب الوصفي والخيالي ، الذي لا يحل مع الاسف محل الاعمال العلمية المهجورة ، يدل على ان الجمهور كان يهتم بالحيوانات كما بالنباتات . ونجد إثبات ذلك بشكل صارخ في الفن الامبراطوري ، وفي الصور الملونة وفي الموازييك بشكلٍ خاص . فقد عرف الفنانون كيف يعرضون بدقة مرهفة ، في الرسم كما في التلوين ، تنوعاً عظيماً في النباتات والحيوانات والطيور والاسماك والصدفيات والليينيات بشكل خاص . وكان من الواجب ان تكون الخصائص جميلة في العين تؤنس في التأمل وفي المعرفة . ولكن هناك بعد كبير بين تلذذ الهاوي ، الفنان وبين الجهد العلمي لدى الباحث .

علم الانسان (انتروبولوجيا) : كما رأينا يبدو الميزان اقرب الى السلبية . فعلماء الاحياء ركزوا اهتمامهم على الانسان . وقبل مباشرة تاريخ التشريح والفيزيولوجيا ، يجب القاء نظرة على علم ينطلق بآن واحدٍ من البيولوجيا ومن الجغرافيا ومن الفلسفة ، علم نشأ في الحقبة الهلينستية : وهو الانتروبولوجيا او علم اصل الانسان ونشأته . وواضع هذا العلم هو الجلود بوزيدونيوس Posidonius (135 — 51) ؛ صحيح انه كان قبله مؤ رخون مثل هيرودوت Hérodote ، وبوليب Polybe كانوا قد القوا نظرات مفتوحة على مختلف شعوب حوض البحر المتوسط ، وفتحوا الطريق امام الشمولية التاريخية . ولكنهم لم يلعبوا إلّا دوراً طليعياً .اما « بوزيدونيوس » فقد اسس علم الأتنيات او علم الاعراق معتبراً في كل شعب ، ليس فقط صفاته الفيزيائية بل ايضاً صفاته السيكولوجية ، محاولاً شرح وتفسير هذا « المركب » عن طريق العامل المناخي : من ذلك ان شعوب الشمال كبيرة طويلة ولونها ولون شعرها نقي في حين ان شعوب المناطق الاستوائية قصيرة القامة وان حرارة الشمس تسمر الجلد وتسوِّد الشعر . وفرط البرد كما فرط الحرارة الاستوائية يشل الذكاء الذي يبلغ اوج مداه في المناخ المعتدل . ونعرف التعارض الشهير الذي وضعه « بوزيدونيوس » بين اهل اوروبا الشمالية وشعوب البحر المتوسط : وقد عرَّف كميزة خاصة في الشعوب السلتية والجرمانية Germains Celtes « التيموس Thўmos » اي فرط الانفعال ، وسيطرة العاطفة اما الصفة الغالبة في المتوسطين فهي « الكلمة » ، اي العنصر العقلاني الذي هو اساس

الحضارة والانتصار على الغريزة . واعتبر هذا الفيلسوف الرواقي ان الشعوب مثل الحيوانات والنباتات لا تزدهر كما هي الاّ في مكانها الطبيعي . وعندما تنتقل فانها تتكيف نوعاً ما مع ظروف مكانها الجديد ، ولكنها تخسر خصائصها الذاتية لتأخذ بصورة تدريجية خصائص المكان حيث تقيم : وهذا تصميم للنظريات الحديثة حول التآلف مع المناخ والتكيف العرقي ، تصميم مبسط وغير دقيق بدون شك ولكنه صحيح بصورة بارزة من حيث المبدأ .

الفصل الخامس
الطب

I ـ المدارس الطبية

ان تاريخ الطب كتاريخ كل العلوم قد تغير بعمق وفجأة حوالي سنة 300 ق.م. بفضل ازدهار الاسكندرية المدهش كعاصمة للعالم الهلينستي وبآنٍ واحد كمركز للحياة العلمية .

مدرستا الاسكندرية: جاء الى الاسكندرية اثنان من اكبر الاطباء في العصر القديم هما هيروفيل Hérophile وآراسيسترات Erasistrate واقاما فيها واسسا مدرستين متنافستين بالطبع، ولكنهما موجهتان بنفس المبادىء ونفس الاساليب ، المتمشية مع مبادىء العلم الاسكندري . وبكلمة ان رغبتهما كانت منصبةً على التوصل الى معرفة دقيقة بالجسم البشري وعمله العضوي ، حتى يتمكن من التكيف مع الاستطباب في كل حالة مرضية . ولم يكن هناك انفصام عن المدارس والافكار التي كانت مزدهرة في القرن الرابع ، فقد كان معلمو هيروفيل Hérophile وآراسيسترات Érasistrate هم آل براكساغوراس Praxagoras الكوسيون cos وآل غريسيب Chrysippe الصغير من المدرسة الكنيدية الجديدة ، المتأثرة جداً بالمدرسة الصقلّية وبالعقيدة الذرية عند « ديموقريط » . ولكن معهم خطا التشريح والفيزيولوجيا خطوات ضخمة ، بفضل ممارسة التشريح بشكل منهجي . في زمن غاليان ايضاً **(القرن الثاني ب . م) ، كان الاطباء يذهبون الى الاسكندرية بصورة خاصة لكي يتدربوا على التشريح البشري ؛ وشهرة بقية المدارس كُسِفْتِ بمجد الاسكندرية . وحدها عاشت مدرسة كوس Cos** ، وقد جددها براغساغوراس Praxagoras ، والمدرسة الدوغماتية المؤسسة في اثينا من قبل ديوكليس Dioclès الكاريستي Caryste ، حوالي 380 ، وكانت المدرستان حارستين للتراث الهيبوقراطي . وعاشت مدرسة هيروفيل Hérophile ومدرسة آراسيسترات Érasistrate حتى القرن الثاني ب.م. مشهورتين ، وخاصة مدرسة الهيروفيليين Hérophiliens بفضل بعض الاطباء الممتازين ومن بينهم روفوس Rufus الايفيزي Éphèse الشهير (بداية القرن الثاني ب.م.) .

المدرسة التجريبية: في هذه الاثناء، ومنذ النصف الثاني من القرن الثالث حدث انتكاس ضخم ضد المفهوم النظري للطب، هو ردة فعل كانت تتعارض ايضاً مع المدرسة الدوغماتية التي اعتبرت خاضعة جداً للمعتقدات الهيبوقراطية ، كما كانت تتعارض ايضاً مع مدارس الاسكندرية التي اعتبرت مغالية في علميتها . هذه الانتكاسة كانت من فعل الممارسين الذين كانوا يرون ان فن المعالجة هو اعلى مرتبة من

العلم بالجسم البشري . والطب مدين بتقدمه العظيم الى تلاقي هـذين المجهودين ، ولكن كثيـراً ما حدث ان يتغلب تيار على تيار بشكل واضح .

ولكن في حوالي اواخر القرن الثالث انتصر التيار التجـريبي ، يساعـده قانـون التناوب وتـطور الشكوكية الفلسفية ، انتصاراً واضحاً على التيار العلمي مما ادى الى انشاء المدرسة التجريبية على يـد سيرابيون Sérapion ، في الاسكندرية بالذات . وفي نهاية حقبة من الزمن ، ارخى التجريبيون قليلاً من تشددهم العقيدي ورجعـوا الى التشريـح والى ممارسـة التشريـح الجسدي . وحتى حقبـة غاليـان Galien ، كان للمدرسة التجريبية الكثير من الاتباع ، ومن بينهم ممارسون ممتازون امثـال هيّراقليـد Héraclide التارنتي Tarente .

المدرسة المنهجية : لقد تميزت المدرسة الثالثة بالاحتقار المعلن للعلم النظري وللتراث الهيبوقراطي وكانت **هذه المدرسة قد نشأت في الحقبة الهلينستية والرومانية** : انها المدرسة المنهجية. تأسست هذه المدرسة في النصف الثاني من القرن الأول ق.م. على يد تـاميسون Thémison الـلاديسي Laodicée ، وكان رائدها الاول معلم تاميسون Thémisôn الذي يعود الفضل اليه بأنه نجَّح الطب اليوناني في رومـا ، في النصف الاول من القرن الاول : اسكليبياد Asclépiade البروزي Pruse(بتينيا Bithynie) . كـان هذا من دعاة الذرية الابيقورية ، المنتشرة في المجتمع الروماني ، وقد فسر الامـراض ، بعطل في تـرتيب الذرات التي منها يتكوَّن الجسم ، وزعم انه يعيدها الى مكانها بفضل العناية الصحيـة المناسبـة لا بفضل الادوية : الاستطباب بالماء والرياضة بشكل خاص . وكـان هذا الاسـتطباب يـرضي زبائـه . وتوصـل قسم من المنهجيين الى رفض كل معرفة مكتسبة والى تكوين « الشُفَاةِ » في بعض أشهر . ولكن منهجيـين آخرين كانت لهم الحكمة ، بالعـودة الى المنهج التجـريبي ، وكان اشهـر الاطباء النسـائيين في العصـور القـديمة سـيرانوس Soranus الإفيـزي Éphèse(بدايـة القرن الثـاني ب . م .) منتميـاً الى المـدرسـة المنهجية التي ظلت مزدهرة حتى القرن الثالث .

المدرسة الهوائية : ولكن الرياح تغيرت، اذ قامت في وجه المدرسة المنهجية، المتأثرة بالابيقـوريـة وبالتيار الأظلامي(*) ، في منتصف القرن الأول ب.م. فرقة اعادت الاهمية الى النظرية: انها المدرسة الهوائية، التي اسسها آتيني من « أطاليا » . وكانت هذه المدرسة تستلهم العقيدة الرواقية والتـراث المأخـوذ عن المدرسة الدوغماتية ، والفرقة الجديدة ربطـت كل العوامـل الاخرى في التـوازن الفيزيـولوجي بتـأثير البنوما Pneuma او « النسمة الحيويـة ، التي تحيي كل اجزاء الجسم . ومن أفضل ممثـلي هذه المـدرسة كـان ارشيجان Archigène الآبامي Apamée (مطلع القرن الأول ب.م.)

المدرسة الانتقائية : كان الهوائيون او النسميون مقتنعين بضرورة التنشئة العلمية والبحث العلمي وكانوا منفتحين جداً على النظريات التي ينادي بها الاطباء الكبار الآخرون قدماء او معاصرون. وفي اواخر القرن الأول اضطر احد تلامذة آتيني Athénée الأطالي واسمه آغتسينوس Agathinus السبارتي Sparte الى تأسيس مدرسة جديدة سميت بالمدرسة الانتقائية او المدرسة « التركيبية » وكـان من اعضائهـا من

(*) مذهب معارض للتعلم وللعقل وللتقدم (الترجمة) .

يؤمن باخذ كل ما يبدو لهم انه الافضل في المدارس الاخرى . وهكذا مال بعضهم نحو المدرسة المنهجية مثل هيرودوت Hérodote (اواخر القرن الأول) . وآخرون مالوا نحو الجماعة النسمية او الهوائية مثل : آريتي الكابادوسي Arétée de Cappadoce .

غاليان Galien: ان الانتقائية، التي بدت الصيغة الاكثر حكمة في نظر الطبيب، قد طبقت في الواقع، (رغم انها لم تنشر علمها) على يد اكبر اطباء العصور القديمة وهو غاليان البيرغامي Pergame Galien، الذي ملأت نشاطاته النصف الثاني من القرن الثاني . تعلم « غاليان » على يد العديد من المشرّحين ، وعلى يد هيبوقراطي Hippocrate وعلى يد تجريبي ، وعلى يد منهجي ، كما زار غالبية المراكز الطبية ، وهكذا بدا عمله كتأليف او خلاصة سمت فوق الفروقات العقائدية او سمت بها رغم تأكيده على تعلقه بالفكر الارسطي . وكان غاليان Galien آخر العلماء الكبار في الطب القديم الذي كان ما يزال يضم ممارسين جيدين وشراحاً اكفياء ، ليس الّا .

نظرة تأريخية : رأينا ان تاريخ الطب العلمي خلال الحقبة الهلينستية والرومانية يمثل خطاً منحنياً مختلفاً قليلاً عن خط العلوم النظرية . فهناك من جهةٍ التقدم والتقهقر اللذان لم يظهرا إلا بشكل قليل البروز . . . من جهة اخرى ان النهضة القوية في القرن الثالث والتي تاثرت بقيام المدارس الاسكندرية في التشريح والفيزيولوجيا ، وبردة الفعل التجريبية ، واستفادت من نتائج الاستطباب ، لم تمتد حتى القرن الثاني ، كما كان الحال بالنسبة الى العلوم الاخرى . وبالمقابل ننظر الى الحقبة الاقل بهاءً والتي امتدت من القرن الثاني ق . م . الى بداية القرن الثاني ب . م : فنجد فيها ممارسين جيدين بين السنة 100والسنة 50 ق . م . وفي منتصف القرن الثاني تم انشاء المجموعة النسمية او الهوائية التي اعطت الاشارة بوجود تجدد علمي ، غلبت اعمال الطبيبين الشهيرين من ايفيزيا Éphése وهما روفوس Rufusوسورانوس Soranus في مطلع القرن الثاني . واخيراً وبذات الوقت الذي جمع فيه بطليموس Ptolémée في مجموعة نهائية تطورات علم الفلك ، حقق « غاليان » تلخيصاً تأليفياً رائعاً للطب القديم .

ولما كان هدفنا ليس السرد التاريخي للفِرق ، بل تبينّ التطور والتقدم في مجال العلم الطبي ، فاننا سوف نتبع الترتيب التأريخي محتفظين للاخير باعطاء لمحة عن بعض الفروع الخاصة مثل الجراحة والطب البيطري وطب العيون ، مركزين بصورة اساسية على المظاهر العلميةَ في النشاط الطبي .

II - بدايات الطب في الاسكندرية

التشريح : مر معناكيف ان مؤسس المملكة اللاجيدية، «بطليموس» الأول سوتر Soter وولده « بطليموس » الثاني « فيلادلف » Philadelphe ، قد اخذا بنصيحة رجلين مشبعين بالروح الارسطية وهما « ديميتريوس الفاليري » ، و« استراتو ن اللامباسي » ، فعرفا كيف ينشئا في عاصمتها الجديدة ، الظروف المادية المساعدة تماماً على البحث العلمي ، واجتذبا اليها افاضل العلماء في ذلك الزمن ، وينطبق هذا القول بشكل فريد على الطب : رغم اننا نجهل ، هل كان « المتحف » يتضمن تجهيزات خاصة لخدمة الاطباء فقد كان هؤلاء يجدون بدون ادنى شك ، في المدينة كل ما يحتاجونه من اجل بحوثهم ، وبصورة رئيسية الامكانية التي لم تكن تتوفر في اي مكان آخر على المستوى العملي ، وهي

امكانية الشروع بحرية في تشريح الجسم البشري .

واذا كان من الثابت ان التشريح قد مورس فيها بصورة عارضة في القرن الرابع ، فانه يبدو ان التشريح الرسمي والعلني للجسم البشري كان تجديداً وبقي باستثناء القليل امتيازاً لمدارس الاسكندرية . وتفسر عموماً هذه الحرية الخصوصية ، بالتراث المصري وهو تراث التحنيط الذي عود الافكار على تجويف الجثث . بل ان العديد من المؤلفين القدماء ، منهم سلس Celse اتهموا آراسيتسرات Erasistrate بانه مارس التشريح على الحي ، على محكومين بالاعدام : وسكوت غاليان عن هذه النقطة لا يبدو على الاطلاق سبباً كافياً في تبرئة العالم الاسكندري .

هيروفيل **Hérophile** : ولد هيروفيل في الثلث الاخير من القرن الرابع ، وكان « آراسيسترات » اصغر منه سناً بقليل ، فانشأ الأول علم التشريح ، والثاني علم وظائف الاعضاء كعلمين . وامضى الاثنان بعد انهاء دراستهما ، حياتهما في الاسكندرية ، حيث انشآ فيها مدرستين متنافستين . وقادا معاً التعليم والتطبيق . وكان « هيروفيل » تلميذاً قديماً لبراكساغوراس Praxagoras مجدد مدرسة كوس cos ونشر عدة كتب وخاصة اناتومية Anatomie تشريحيه ومطولات حول العيون وحول النبض ، لم يبق منها شيء . ولكن ما نعرفه يكفي للدلالة على فكرة المراقب الراصد وعلى تحرره تجاه الافكار المنقولة حتى ولو اتت من « هيبوقراط » . وكان يتقاسم الحذر مع « تيوفراست » ومع « ستراتون اللمبسالي » ، تجاه المفهوم الارسطي حول « السبب » . وامتدت شكوكيته فشملت كل نظرية . وهذا يفسر لماذا تأسست المدرسة التجريبية بصورة رئيسية على يد الهيروفيليين (Hérophiliens) .

وفي مجال علم التشريح اهتم « هيروفيل » بشكل خاص بالنظام العصبي وبالنظام الوعائي ، وببعض الاعضاء التناسلية والهضمية وبالعين . واعتبر الدماغ كمركز للجهاز العصبي واعطاه كل مكانته كمقر للحياة الفكرية ، وهو مقام اعترف له به الكمون Alcméon و« هيبوقراط » ، الا ان « ارسطو » حوَّله الى القلب ؛ واعترف بأهمية البطين الرابع ، حيث تقطن الروح برأيه . واكتشف « الكَلَمُوسْ سكريبتوريوس colamus sceriptorius » (وهي منطقة تقع في القسم الخارجي من البصلة السيسائية بشكل مُعِيْن) ، والاوعية الاربعة حيث تجتمع الاوردة الدماغية (والتي تسمى حالياً في المانيا « توركولار هيروفيلي » واعطى وصفاً دقيقاً للسحايا . وهو بشكل خاص الذي مَيَّز لأول مرة ، بين مجمل الاعصاب والاربطة التي كان الاقدمون يخلطون بينها تحت نفس التسمية : « الاعصاب الحسية » الذاهبة من اطراف الجسد الى الحبل الشكوكي والى الدماغ ، إنما دون عزل الاعصاب المحركة عنها .

ويعود الفضل الى « هيروفيل » في التمييز الأول الواضح بين الاوردة والشرايين . فالشرايين في نظره ، هي ست مرات اسمك من الاوردة ، وتحتوي ايضاً على الدم وليس فقط على الهواء الحيوي ، ولكنها بعد الموت تفرغ . واكد « هيروفيل » بان الشرايين تتلقى الدم كما تتلقى حركتها من القلب ، ودرس بدقة وتيرة النبض واضطراباته بعد ان راقبه بواسطة ساعة مائية . ونظريته حول النبض ترتبط بشكل ضيق ، بنظريته حول التنفس . وعرف « انقباض القلب » (السيستول) و« انبساطه »

و« الدياستول) الرئويين ، المشابهين لما يجري في الشرايين انما بشكل مضاعف ، بحيث ان الإوالية تعمل خلال اربعة ازمنة : امتصاص الهواء الحي الخارجي ، توزيعه داخل الجسم ، ثم تلقي الهواء الوسخ الآتي من الجسم ، واخراج هذا الهواء الى الخارج : انها رسيمة رائعة تثبت كفاءة هذا العالم التشريحي في مجال الفيزيولوجيا او علم وظائف الاعضاء .

ولأول مرة ايضاً فرز القنوات الكيلوسية عن الأوعية الدموية . ولكن عملها لم يكتشف الا في القرن السابع عشر من قبل آسيلي Aselli . وقد اعطى لعلم التوليد والقبالة وعلم الاجنة تقدماً كبيراً كعالم نظري وكمُّولِّد لان « هيروفيل » كان ايضاً ممارساً اهتم طيلة حياته بعلم الامراض وبعلم الطبابة ، انما دون ان يجدد في الطب التطبيقي كما فعل بالنسبة الى العلم التشريحي ؛ ومن بين التلامذة العديدين تلامذته الذين حافظوا على شهرة مدرسته الأولى في القرن الثالث ، سوف لا نذكر الا « ديمتريوس الابامي » وهو عالم نسائي مشهور قدم اول وصف دقيق لمرض الاستسقاء .

آراسيسترات **Érasistrate** : ولد في ايوليس Iulis في جزيرة سيوس Céos في آخر القرن الرابع . ودرس العلوم الطبية في « اثينا » حيث تتلمذ على مترودور Metrodore ، وهو الزوج الثالث لاحدى بنات « ارسطو » وحيث برع في الاساليب المشائية ثم درس في كنيد حيث تأثر جداً بتعليم كريسيب Chrysipe الشاب ، ومن خلال هذا الاخير تأثر بعقيدة الذريين . ثم ذهب يستقر في « الاسكندرية » حيث بقي ، مهما قيل في هذا ، حتى وفاته . وكتب العديد من الكتب كلها ضاعت وبصورة خاصة حول الحميات وحول نفث الدم وحول امراض الصدر ، كما كتب مطولات في التشريح وفي الصحة . واشتهر « اراسيسترات » باعماله الفيزيولوجية وكان قبل كل شيء عالماً تشريحياً اوجد علماً تشريحياً مقارناً بين الانسان والحيوان . وهو علم كاد ارسطو ان يرسم حدوده . كما اوجد التشريح المرضي الذي من شأنه وحده ان يكشف عن الخلل الحاصل في الاعضاء من جراء الامراض . وعلى هذا فهو قد استكمل الاكتشافات التشريحية عند « هيروفيل » والمتعلقة بالاعصاب وبالدماغ ودرس عن قرب ، وبشكل خاص ، التجاويف والتلافيف في دماغ الانسان والارنب والأيل حيث استنتج بحق ان عدد التلافيف لها علاقة مباشرة بدرجة التطور الفكري ؛ ولأول مرة ميز بين الاعصاب المحركة والاعصاب الحساسة . واهتم اكثر ايضاً بالقلب وبالجهاز الوعائي حيث ابتكر العديد من التعابير ذات العلاقة ببحوثه الاساسية حول فيزيولوجيا دورة الدم .

فيزيولوجيا ، « آراسيسترات » حول الدورة الدموية : ان العائق الرئيسي الذي منع الاقدمين من الفهم الكامل لأوالية الدورة الدموية، كان جهلهم بالظاهرة الكيميائية الارتدادية، وبموجبها يتخلص الدم من آسيده الكربوني لكي يتشبع بالاوكسجين ويوزع اكسجينه بذات الوقت الذي يثقل بالاسيد الكربوني: ومن المستحيل التفسير السليم، ضمن هذه الشروط، لدورة الدم المشهوق وعلاقته باوالية الدورة الدموية.

وتمسك « آراسيسترات » Érasistrate بالمعتقد الموروث عن براكسا غوراس Praxagoras بواسطة غريسيب Chrysippe ان الدم يدور فقط في الاوردة وان الشرايين تحتوي فقط على الهواء ـ وهو

معتقد متأتٍ عن مراقبة اجريت على الجثث - . ويرى « اراسيسترات » من جهة اخرى ان الدم يُصنع في الكبد وهو ينطلق منها . رغم هذا الخطأ الكبير أدت بحوثه الى نتائج رائعة قلما امكن تجاوزها طيلة اكثر من ثمانية عشر قرناً ، الى ان تم اكتشاف الدورة الدموية المتمادية والمستمرة على يد هارفي Harvey . وقد عرف اولاً ان القلب هو محرك الدورة الدموية بآنٍ واحد في الشرايين وفي الاوردة . ولكن برأيه يتضمن البطين الايسر الهواء النقي المجلوب من الرئتين بواسطة الوريد الرئـوي ، و« هو وريد شبيه بالشريان » ، ثم البطين الايمن وحده يحتوي الدم الآتي من الكبد بواسطة الوريد الاجوف . وعند كل تقبض في القلب يرسل دم البطين الايمن الى الرئتين عن طريق الشريان الـرئوي ، « وهـو شريان شبيه بالوريد » ، ويرسل هـواء البطين الايسـر في كل اجزاء الجسم بواسـطة الشريـان الاعور والشرايين . وحركة الانبساط (الدياستول) في القلب تجذب دم الوريد الاجوف وتجذب هواء الوريد الرئوي الى القلب ، والصمامات السيناوية في الشريان الرئوي وفي الاعـور الآورتي تمنع ارتـداد الدم والهواء الى القلب في لحظة الدياستول . وقال « آراسيسترات » بوجـود صمام ثـلاثي الجهات في قلب الوريد الاجوف وصمام ثنائي الجهات في الوريد الرئوي ، وهما صمامان يسكران بحسب رأيه هذين الوعاءين عند التمدد . وهكذا لم يستطع « آراسيسترات » ان يرى عمل الأذينين ، وافترضه موجوداً في الاوعية الرئوية لا في القلب كما فعل بحق « هيروفيل » . وآمن بان معظم الدم الذي تقدمه الكبد الى الوريد الاجوف يوزع مباشرة في كل الجسم - باستثناء الرئة ، بواسطة الجهاز الوريدي . وعندما تُسكر قناة المرارة تنصب الصفراء في الوريد الاجوف ويحصل مرض الريقان . كل هذا بـدا بدائيـاً ، لو ان « آراسيسترات » لم يُلهم الهاماً عبقرياً : فقد لاحظ ان الشرايين في الكائنات الحية تعطي الدم عندما تقطع ، فافترض بان الاوردة تتصل بالشرايين بواسطة اوعية متناهية الدقة ، وانه في اللحظة التي يفتح فيها الشريان ، يهرب الهواء فجأة الـذي كان بـداخل هـذا الشريـان فينجذب اليه الدم من الـوريد الاقرب ، وذلك بسبب خوف الطبيعة من الفراغ وكذلك الحال في بعض الامراض . وهذه الفرضية لم يمكن التثبت منها ، طيلة قيام العجز عن ملاحظة وجود الشبكات الشعرية ، ولم يأخذ بها « غـاليان » بعد اربعة قرون ونصف ، عندما بين ان شرايين الكائنات الحية تنقل باستمرار الدم .

وحقق « آراسيسـترات » ، وهو عـلى اتصال بمسائل الـدورة الدمـوية ، تقـدماً مهـماً في مجـال فيزيولوجيا التنفس . واكتشف دور اللهاة التي تسكر ثقب الزلعوم عند البلع وتمنع الطعام السائل او الصلب من النزول في القصبة الهوائية ، ووصف بدقة بنية ووظيفة الاليـاف العضلية المعـدوية . وفي نظره تعمل الحركات التمعجية على طحن الاطعمة ومزجها بالهواء الآتي عن طريق الشرايين المعدوية . وهـو يعارض نـظرية ديـوكليس Dioclès الـذي يـرى ان الاطعمـة تتخمـر في المعـدة وتتحلل كـما يعـارض نظرية « ارسـطو » الذي يشبـه الهضم بنوع من الـطبخ . ثم من المعـدة ومن المعي تُنقل عصـارة الاطعمة الى الكبد الذي يحولها الى دم . وقد وصف « اراسيسترات » ايضاً القنوات « الشيليفيرية » في الاغشية التي تغلف الامعاء . ولكن دون ان يكتشف اوالية الدورة اللمفاوية .

النسمة او الهواء: واكثر من الدم تلعب النسمة او روح الحياة الدور الأكبر في الفيزيولوجيا عند « آراسيسـترات » : فـهـو يميـز النـسـمـة الحيـويـة والـنـسـمـة النـفسـانـيـة ومقـر الأولى في

البطين الايسر من القلب ومقر الثانية في تجاويف الدماغ . والنسيمتان تأتيان عن الهواء الخارجي الذي يمر في الرئتين بفضل التنفس ، ـ الموصوف بدقة بالغة ، ـ ثم في القلب عن طريق الوريد الرئوي . وينتقل الهواء بعد ان يصبح نسمة حيوية أما الى الدماغ حيث يتحول ثانية الى نسمة نفسانية ، او الى اجزاء الجسم الأخرى عن طريق الشبكة الشريانية . وتنتقل النسمة النفسانية عبر القنوات الى مختلف اجزاء الجسم عن طريق الجهاز العصبي . وهي بشكل خاص التي تتسبب بالتقبض العضلي . ويغذي الدم الانسجة والاعضاء اما النسمة فتحييها . وهذا النظام يشكل نوعاً من التلخيص التركيبي لنظرية النسمة او البنوما ، وهي نظرية كانت محببة عند اطباء المدرسة الدوغماتية ، من امثال « براكساغوراس » ، وكذلك عند اتباع المدرسة الطبيعية الذرية التي قال بها « ديموقريط » . وزالت « القوى الخفية » التي كانت موجودة في فيزيولوجيا المشائين وفي فيزيولوجيا « هيروفيل » ، وكذلك زالت مسألة العناصر الاربعة كمكونات للجسم ، وذلك من اجل المناداة بتجميع الذرات التي تفصل بينها الفراغات الصغرى . ولما كانت الطبيعة تخشى الفراغ فإنها تحاول بصورة دائمة ان تسد الفراغات التي تتكون داخل جسمنا . وهكذا يتفسر ، برأي « اراسيسترات » التجدد الدائم للانسجة ولكل العناصر في الجسد بواسطة الغذاء المناسب . وكذلك يتم استبدال هواء الشرايين بفضل الدم الآتي من الأوردة وذلك في حالة الجرح الشرياني .

الباتولوجيا او علم الامراض وعلم الاستطباب : قال «اراسيسترات » بالفيزيولوجيا الميكانيكية التي انعكست ايضاً في علمه الامراضي ، رغم انه صرح بعدم وجود اساس لعلم الامراض : فقد كان عدواً لدوداً لنظرية الرطوبات التي تسرف المدرسة الدوغماتية في الاستناد اليها . وهو قلما استعمل فساد العصارة الغذائية « الشيل » إلا ليفسر الشلل والريقان والسكتة الدماغية او النقطة . وبرأيه ان غالبية الامراض تتأتى من التجلط ، اي من تراكم المواد الغذائية السيئة الهضم في هذا الجزء من الجسم او ذاك . وهذا التجلط يبرز بشكل التهاب او بشكل حمى ، وذلك بسبب مرور قسم من الدم الموجود في الأوردة الى الشرايين ، بفضل زيادة في الضغط وبذات الوقت ينقطع دوران النسمة الحياتية في جزء من الجسم .

نفهم بسهولة ان مثل هذا الطبيب يعطي الوصفات الصحية اهمية تفوق اهمية العلاج : فالوقاية الصحية وحدها ، وبخصاة الوقاية الغذائية تستطيع استباق الامراض ، وتعطيل اسبابها . مثلاً اتباع النظام النباتي بالنسبة الى المصابين بالتجلط ، وغذاء غني ولحومي بالنسبة الى المصابين بالاستسقاء . ويأمر بالحمامات وبالتدليك وبالمشي كل يومين . . . وباستعمال الخمر باعتدال كلي . الا انه كان يحتاط لحالات خاصة فيستعمل سلسلة من العلاجات البارعة المخصصة في معظمها للاستعمال الخارجي والتي يثير بعضها اعجاب الاطباء المعاصرين ، مثل هذا الشراب المؤلف من النحاس والكمأة المشوية والصبر والزعفران والعسل . هذا العمل الاصيل والقوي يرتكز في معظمه على الملاحظة وعلى التجربة . نحن نعرف مثلاً التجربة الشهيرة ، تجربة العصفور المحبوس في علبة بدون غذاء ، بعد ان اخذ وزنه . وبعد نهاية عدة ايام وزن الحيوان ووزن سلحه فتبين ان الوزن العام اقل من الوزن الأول . واستنتج « اراسيسترات » من هذا ، وبحق ، تبخر قسم من المواد المرئية ولكنه اعطى للتحليل

المسبق وللاعتبارات الميتافيزيكية مكانة لم تكن لها عند « هيروفيل » ولا عند « تيوفراست » ، وخلفاؤه قد زادوا في هذا الميل عند معلمهم . والواقع ان ايا من اتباع « آراسيستراتس » المعروفين منا لم يترك في التاريخ اسماً ، قبل نهاية القرن الأول ب . م .

ولكن تأثير موسسي الطب الاسكندري ، بدا محسوساً خارج مدرستيهم : فاعمالهم والمجادلات التي ثارت حولهم والدفع الذي اعطوه للبحث ، والنهضة التي اتخذتها الطريقة التجريبية ،كل ذلك ساعد على تقدم الطب في الحقبة التالية ، وبصورة خاصة تتطور فروعه المتخصصة .

التجريبيون الأولون : هذه الجهود المبذولة بقصد جعل الطب علماً حقاً، اثارت ردات فعل عنيفة من قبل الممارسين الذين كانوا يرون ان الطب هو قبل كل شيء فن الشفاء. وقد حلل سلس Celse اسباب معارضتهم انهم يرون « انه من العبث البحث عن الاسباب الغامضة وعن الاعمال الطبيعية لأن الطبيعة لا تكشف اسرارها والدليل على ذلك الخلاف السائد بين الذين يتناقشون حول هذه المسائل » . ومن جهة اخرى تبين ان انواع العلاج تختلف باختلاف طبيعة الامكنة ، وذلك لأن اسباب الامراض ليست واحدة في كل مكان . واخيراً حتى بالنسبة الى الأمراض المعروفة السبب يقينياً مثل الجروح ، ان هذه المعرفة بالاسباب لا توفر المعرفة بالاستطباب . والشيء المهم في فن الشفاء هو التجريب : « ان الطب لم يكن في طفولته ثمرة التحليل العقلي بل هو وليد التجارب » ، « واذا كان الاطباء قد استطاعوا تحقيق النجاح ، فلانهم استلهموا الاساليب العلاجية لا في الاسباب الغامضة او الاعمال الطبيعية ، التي فسروها تفسيرات مختلفة بل في التجارب التي نجحت معهم » .

والمدرسة الجديدة التي ظهرت في حوالي السنة 200ق . م . بفضل اعترافها بالمرتبة الأولى للتجربة سميت بالمدرسة التجريبية . فضلاً عن ذلك كان العديد من اعضائها يقيمون علاقات وثيقة مع الفلاسفة التشكيكيين كما دلت على ذلك موسوعة غاليان « حول التجربة الطبية » . وكان الفيلسوف الشهير الشكوكي سكستوس أمبيريكوس Sextus Empiricus طبيباً تجريبياً وكان مؤسسو المدرسة التجريبية هم فيلينوس الكوسي Philinus De Cos وسيرابيون الإسكندري Sérapion D'Alixandrie ، وهذا الأخير هو الذي استخرج المباديء الثلاثة في الفن الطبي ، والتي أذاعها غلوسيلس التارنتي Glaucias De Tarente ، في أواخر القرن الثاني أو بداية القرن الأول تحت إسم « القواعد التجريبية الثلاث » .

1 ـ الملاحظات التي يجريها الطبيب ، او الفحص ، وتجربته الشخصية أو « ترزيس Térèsis » .

2 ـ مجموعة الملاحظات الآتية من الاطباء الآخرين .

3 ـ وأخيراً ، في الحالات الجديدة التجربة المقارنة ، وقوامها ، تجربة علاج ، بقصد شفاء مرض ما ، وهذا العلاج يكون قد استعمل سابقا لشفاء مرض مماثل . هذه المجموعة من الوصفات مستخلصة بكاملها من التجربة ، لا من المعارف النظرية او من الإستنتاجات المنطقية .

الواقع أن هذه المدرسة التي تزعم أنها تعرض عن العلم ، لم تنفصل عنه تماماً ، تشريفاً لها ولحسن حظها . وأحد مؤسسيها ، فيلينوس الكوسي Philinus De Cos ، كان تلميذاً عند « هيروفيل » ، وكان هذا الأخير كما رأينا يهتم جداً بالتجربة في ممارسة الفن الطبي . وخفت العدائية ضد « هيراقليد التارنتي Héraclide De Tarente » الذي عرف كيف يوفق طريقة البحث النظري مع الفكر التجريبي . وبفضل هذه الحكمة وبفضل المكانة المهمة التي أعطيت للتجربة أنتجت المدرسة التجريبية ـ نظراً لعدم وجود علماء من الدرجة الأولى ، بعضاً من أفاضل الأطباء في العصور القديمة .

III ـ الأطباء في الحقبة الرومانية « قبل غاليان »

الطب في روما: بخلال القرن الثاني انتقل مركز الثقل في عالم البحر المتوسط من الشرق، حيث كان قائماً منذ الآف السنين، واستقر في روما، وهذا الإنتقال كان له في الحياة العلمية مضاعفات سبق أن أشرنا إليها ، وبدت محسوسة بشكل خاص في تاريخ الطب . ومنذ أواخر القرن الثالث إستقر طبيب ممتهن ، هو أرشاغاتوس Archagatus من أصل بيلوبوني ، في روما ، حيث لم يكن قبله إلا المطببون بموجب وصفات بدائية . وفي القرن التالي بدا أن الطب أخذ يعاني من الحملة ضد تأثير اليونان والتي قام بها الرومان الأصليون أمثال كاتون Caton الذي هاجم الطب اليوناني . ولكن في بداية القرن الأول قبل المسيح أسس المطَبب التجريبي اسكليباد البروزي (بيتيني) Asclépide De Pruse (Bithynie) أول مدرسة للطب الخاص . وفي السنة 14 بعد المسيح أسست المدرسة الطبية الرسمية ، التي عاشت حتى عصر تيودوريك Théodoric . وفتحت مدارس اخرى مماثلة في مرسيليا وبوردو ، وساراغوسا . وقدمت العاصمة الجديدة زبائن عديدين وكان هناك رومان يهتمون بالعلم الطبي ، كما يثبت ذلك الكتاب الجميل الذي وضعه سلس Celse .

ولكن غالبية الاطباء المقيمين في روما كانوا من اليونان وقد درسوا في اليونان ايضاً . وكان الوسط الروماني يشجع على دراسة الأساليب الاستطبابية ، لا على التقدم العلمي . والواقع انه من بين المدارس العديدة القديمة او الجديدة التي ازدهرت بخلال هذه الحقبة ، كانت المدرسة الوحيدة التي ولدت في روما هي مدرسة « المنهجيين » ، وبخاصة المعارضين للعلم ، سواء في مبادئه ام في تطبيقه . اما المدارس الاخرى فقد كان منشؤها ، ومركزها الرئيسي ، اوزعماؤها التسلسليون في الشرق . من ذلك : مدرسة « كوس » المحترمة ، والمدرسة الدوغماتية ، ومدرسة « هيروفيل » و« آراسيسترات » في الاسكندرية ، والمدرسة التجريبية ، ثم ، منذ نهاية القرن الأول ب.م. المدرسة النسمية والانتقائية .

هذا التعدد في المدارس اقترن ايضاً بخفة خصومتها ، كما يدل على ذلك اسم المدرسة الاخيرة ، واخيراً الانتماء المتعدد للعديد من الاطباء المشهورين . فضلاً عن ذلك ، واكثر من انتشار المدارس ان نمو التخصصات ، وبصورة خاصة في الطب النسائي وطب العيون ، والعدد الكبير من الممارسين البارعين ووجود بعض الاطباء الكبار ، خاصة ايام تراجان Trajan . كل ذلك يدل على حيوية العلم

الطبي طيلة هذه القرون الثلاثة .

اسكليبياد البروزي Asclepiade de Pruse : بعد الهيروفيليين ديمتريوس الامباني Démétrius d'Ampée ، وهو طبيب نسائي مشهور ، ثم اندرياس الكاريستوس Andréas de Carystos ، وهو طبيب عيون واجزائي ، وكلاهما من اواخر القرن الثالث ق . م . ثلاثة اسماء تستدعي انتباه المؤرخ في النصف الاول من القرن الاول . اولهم هو اسكليبياد البيثيني Asclépiade de Bithynie ، ولد في بروز Pruse سنة 124 . وبعد ان درس في عدة مدن من الشرق ومنها الاسكندرية جاء يسكن في روما . ونظريته الطبية مستوحاة من نظرية « آراسيسترات » ومن اوالية كنيد الجديدة ، وكانت مطبوعة تماماً بتأثير الابيقورية التي كانت مشهورة جداً في الاوساط الثقافية في العاصمة . وفي مؤلفٍ له حول « العناصر » ـ وقد كتب منه حوالى عشرين رسالة ضاعت كلها ـ وصف اسكليبياد Asclépiade الجسم بأنه مجموعة جزئيات سماها « انكوا » Oncoi وهي نوع من الذرات ذات اشكال وذات طبيعية مختلفة ، وبرأيه ان ذرات النفس ملساء ومدورة ورفيعة وهناك ذرات مربعة ومثلثة او بيضاوية . والتنفس يدخل الذرات في الجسم من الهواء . والصحة تتعلق باخراج الذرات عبر المسام بشكل طبيعي : والانسداد في المسام يحدث الحمى وامراض التيبس او التكلس اما تمددها فيحدث مختلف انواع الضعف . إلا أننا نعرف انه كان يفرد مكاناً لنظرية الرطوبات ولنظرية النسمة . وبفضل دقة ملاحظاته توصل الى عزل الحمى الملاريا ، والى التفريق بين داء الجناب او البرسام والتهاب الرئة . ولكن فضله الرئيسي يقوم على اصالة استطبابه : فقد كان اميناً لنظرياته ، وراغباً ، بحسب بلين القديم ، في ارضاء زبائنه الرومان ، ولهذا الغى بشكل كامل تقريباً العلاجات العنيفة ، التي كان يسرف زملاؤه في استعمالها ولكنه رفض بشدة القاعدة : « الفعل الشفائي للطبيعة » ان على الطبيب ان يعيد « التناسق بين الذرات بواسطة الوسائل الموثوقة والسريعة واللذيذة » : الصياح ، العلاج بالخمر ، او احياناً الامتناع عن تعاطيها والرياضة ، والمغاطس ، والتدليك . ولهذا سمي « اسكليبياد » « اول طبيب صحي وقائي » .

المنهجيون والتجريبيون من القرن الأول ق . م . : مهما قال « بلين » «وغاليان » عنه اي اسكليبياد فهو لم يكن مشعوذاً . بل ان شهرته عانت من شعوذة المنهجيين ـ وعلى الأقل من معظمهم ـ لأن مؤسس مدرستهم كان تلميذ «اسكليبياد» وهو « تيميسون اللوديسي » ـ اذ كانوا من اتباع منهجه المبسط الى اقصى حد : هناك حالتان مرضيتان في نظر تيميسون Thémison ، اثنتان فقط : « الوضع الضيق » « والوضع الواسع » ، وسببهما اما ضيق المسام واما تراخيها ، والتطبيب « استبعادي » في الحالة الأولى وتنشيطي في الحالة الثانية . ويمكن ان يصبح الانسان طبيباً بخلال ستة اشهر ، في هذه المدرسة ، ودون اي اعداد مسبق . . .

كان « هيراقليد التارنتي » معاصراً « لاسكليبياد البيتيني » ، وكان على ما يقال افضل طبيب في المدرسة التجريبية . وقد درس على الهيروفيليين وكتب العديد من الكتب حول الحماية وحول الجراحة ، وحول الاستطباب وحول الطب العسكري وحول « هيبوقراط » . وانصبت بحوثه الرئيسية على الاجزائية وعلى السموم . وقد استعمل بدلاً من العلاجات الاجنبية الغريبة والمعقدة ، التي كان

يستعملها اكثر التجريبيين ، استعمل القرفة (الشانيل) والفلفل وعصير البيلسان وبشكل خاص الافيون كمسكن ومنوم . والواقع ان « هيراقليد » ، كان هيروفيلياً قديماً ولكنه لم يُسْتَعبد لمعتقد المدرسة التجريبية : وقد مارس بنفسه التشريح البشري ، وتجرأ على استنتاج الوقائع المحققة بصورة تجريبية ، نتائج تتعلق بمزاج المريض ، شرط ان تخضع هذه النتائج لاثباتات اخرى . .

اما ابولونيوس السيتومي Apollonius De Citium وهو تجريبي آخر من القرن الأول ق.م. (النصف الأول) فيدين بشهرته الى ذيوع كتاب له نشر بعد وفاته : وهو شرح لكتاب : « المفاصل » من « المجموعة الهيبوقراطية » . وكان هذا الكتاب مخصصاً بصورة رئيسية لمعالجة « الفكوش » ، وادخله الطبيب البيزنطي في مجموعة من الكتابات الجراحية في القرن التاسع . وكانت مخطوطة تلك الحقبة مزينة برسوم ذات فائدة عالية ، وهي اي هذه الرسوم مشتقة من غير شك ، على الاقل في قسم منها ، من تراث اكثر قدماً ، لم يكن المؤلف غريباً عنه تماماً . ونص المخطوطة وصورها جلبت من جزيرة كريت Crète في القرن الخامس عشر على يد جان لاسكاري Gean Lascaris وقد كان لها تاثير كبير على اطباء عصر النهضة وخلفائهم الذين استنسخوها اكثر من مرة . .

سلس ، Celse, : كان سلس من انصار المدرسة التجريبية ولكنه كان منفتحاً على العقائد الاخرى وخاصة على نظريات « هيبوقراط » و« آراسيسترات » والمنهجيين . وقد كتب في السنوات الاولى من العصر المسيحي مدخلا واسعاً الى الطب قصد به تعريف الجمهور المثقف في روما بتاريخ الفن الطبي واصوله . وكان النص مكتوباً باللاتينية ووصل الينا كاملاً باسم « اولوس كورنيليوس سلسوس » الممارس Aulus Cornelius Celsus ، المعاصر ليتبر Tibère . وزعم ماكس ولمان Max Wellmann ان هذا الكتاب مترجم عن اصل يوناني .

كان سلس Celse متعدد النشاطات ، وليس طبيباً محترفاً . وكتابه « في الطب » هو جزء من موسوعة ، ضاعت اجزاؤ ها الأخرى ، وكانت تعالج مواضيع مختلفة تماماً : الزراعة الفن العسكري ، البيان ، الفلسفة والحقوق . ولكن تمت العودة اليوم عن هذه الفرضية المشبوهة التي لا يبررها لا طبيعة النص ولا شخصية المؤلف . وكتاب الطب الذي هو افضل كتاب في الطب مأخوذ عن العصور القديمة الكلاسيكية ، بعد مجموعة « هيبروقراط » وبعد كتاب غاليان Galien وبعد كتب الباتولوجيا لآريتي الكبادوسي Arétée De Cappadoce ، هذا الكتاب يتضمن سبعة كتب . في الكتاب الأول عرض موجز للمدارس يسبق عرضاً للمنهجية ولنظام الحمية . والكتب الثاني والثالث والرابع تعالج التشخيص والعلاج . اما الكتابان الخامس والسادس فيعالجان الصيدلية (لمحة تاريخية ثم نظرية الأدوية) ، والكتاب السابع يبحث في الجراحة والثامن في امراض العظم . ولم يزعم المؤلف انه يضع كتاباً اصيلاً وهو يكتب هذا النوع من المجموعة التي تبدو وكأنها تجميع ذكي حسن الاسناد ، مكتوب بلغة لاتينية واضحة وانيقة ، اما علامات الامراض ووسائل الشفاء الحمائية او الصيدلانية فموصوفة بدقة بالغة . وهناك صفحات رائعة تماماً حول تاريخ الطب وحول علامات الامراض وحول الجراحة في البطن وفي العين . وقد وصف سلس Celse لأول مرة عملية السادّة (الماء الزرقاء) ، وكم من الحكم والنصائح الذكية من اجل الاتباع في الحياة اليومية ، او في ممارسة فن الاشفاء . ثم ان سلس Celse

رغم كونه غير طبيب ورغم انه لم يعط بنفسه للعلم الطبي دفعة الى الامام ، فانه من الصعب تفسير السكوت الذي غشي عمله حتى عصر النهضة : إذ قلة هم المؤلفون الذين اظهروا مثله حساً دقيقاً وحُكْماً صائباً وتجرداً غير منحاز .

والى جانب هذا الكتاب الجميل ، هناك مجموعات الأدوية المشهورة والوصفات الغريبة الموزعة في « التاريخ الطبيعي » لبلين القديم Pline L'Ancien ، او المجموعة « في التراكيب الطبية » لسكريبونيوس لاركوس Scribonius Largus ، وهي قلما تستحق ان تحتل مكاناً في كتاب حول تاريخ العلوم .

الانتكاسة العلمية في القرن الأول ق . م . : ان شهرة المطببين المنهجيين او غير المنهجيين اوشكت ، ان تخرب ، ليس فقط صحة مرضاهم ، بل ايضاً مستقبل الطب ، ولحسن الحظ حصلت ردة فعل ضد تجاوزاتهم ، في القرن الاول ب . م . : فكما ان اسكليبياد Asclépiade قد دمج نظريته حول الجسم البشري في اطار الفلسفة الذرية ، كذلك اسس المنظرون في القرن الأول فيزيولوجيتهم وعلمهم المرضي على النظام الرواقي . وعلى كل نذكر ان « النسمة » التي احلوها مرتبة اولى ، لعبت دوراً كبيراً في بعض الكتب الايبوقراطية ، وكذلك عند « آراسيسترات » ، وقبله عند النيديين الجدد . وسنداً لهذه النظرية ان النسمة ـ او الروح كما يقول الرومان ـ هي التي تشيع ، في كل الكائنات ، وبشكل خاص في الجسم البشري ، مبادىء الحياة المنبثقة عن الاثير السماوي . والنسمة هي التي تعطي الصحة . ولهذا يجب ان يكون ضغطها الذي يقاس عن طريق النبض ، منتظماً .

انها نظرية ضيقة نوعا ما في مبدئها ، ولكن انصار المدرسة الهوائية او النسمية كانوا واسعي الافق فكرياً في تطبيق منهجية الملاحظة وكذلك في الاخذ عن المدارس الاخرى ما فيها من جيد . هذا التيار تفاقم الى درجة أن آغاتينوس السبارتي Agathinus De Sparte انشأ بنفسه مدرسة جديدة سماها الانتقائية . والانتقائيون ، بحسب مزاجهم أفكارهم شكلوا المدرستين الجديدتين من الاطباء الاجواد بل كانوا علماء بحق ، ولكن للاسف اننا نعلم الشيء القليل عن اعمالهم . وبعد المؤسسين : اتيني Athénée الذي حرر مؤلفاً من ثلاثين كتاباً مدحها « غاليان » ، ثم آغا تينوس Agathinus وكان حريصاً على التطبيب بالحمامات الباردة . ويجب ان نذكر اسماء ثلاثة تلاميذ « لآغا تينوس » هم : « هيرودوت » ، وليونيد Léonides ثم ارشيجن Archigéne . كان هيرودوت Herodote صديقاً للمنهجيين ، وكان بدون شك اول من اهتدى الى الجدري والى صفتها الوبائية . اما ليونيد الاسكندري Leonides D'Alexandrie فقد اشتهر بدقة ملاحظاته ودقة اوصافه الجراحية . اما ارشيجن Archigéne فكان مطبباً ممارساً مشهوراً جداً في روما في بداية القرن الثاني ، وانضم الى المدرسة النسمية ، فاصبح افضل ممثل لها والاشهر فيها . وهو بهذه الصفة كرس نفسه بصورة رئيسية لدراسة النبض ووضع حوله نظرية اكثر تفصيلاً من نظرية « هيروفيل » . وقد ذكر عشرة حالات يجب النظر فيها عند تحديد النبض : الفخامة ، السرعة ، الانتظام ، الضربة ، التواتر ، الضغط ، المساواة ، النسق ، الدفق ، والوتيرة . ومن جهة اخرى يتصف النبض بصفات خاصة : فهو يكون مزدوجاً ، ويكون صاخباً ويكون متمهلاً ويكون متقطعاً ويكون منسلاً . وهذا تعداد مدهش استطاع

« غاليان » ان يوسعه أيضاً بشكل ضخم . وتعلق ارشيجان Archigène بعلم الامراض : تصنيف الحميات ، تحليل دورة وسبب الامراض ، وصف الجذام ودراسة بعض الامراض الهندية الخ .

روفوس الايفيزي Rufus d'Éphèse : رغم شهرة ارشيجين Archigène . فقد كسفت شهرته بصيت ثلاثة أطباء كبار في الامبراطورية ، قبل « غيليان » هم : روفوس Rufus ، سوارنوس Soranus ، وآريتي Aréfée . امضى روفوس الايفيسي Rufus D'ephèse ـ عدة سنوات في الاسكندرية Alexandrie حيث تشبع بالروح الارسطية وبتراث « هيروفيل » و « آراسيسترات » ثم ذهب يقيم في روما حيث مارس فنه اثناء حكم تراجان (بداية القرن الثاني) . وكتب حوالي اربعين كتاباً لم يعرفهم الا العرب طيلة القرون الوسطى ووصل الينا منها حوالي الدزينة انما بصورة جزئية ، وبصورة خاصة الكتب التالية : اسماء اجزاء الجسم البشري ، تشريح الجسم البشري (وسند هذا الكتاب الى روفوس Rufus ليس أكيداً) . وكتاب النبض . وكتاب امراض الكليتين والمثانة . ورغم ان التشريح خارج « الاسكندرية » ، كان يمارس عادة على القرود بدلاً من الجسم البشري الميت ، فقد ترك روفوس Rufus بعض الأوصاف المهمة . منها وصف العين ، وبشكل خاص بنيتها ووظيفة البؤبؤ . وقد برز في هذا الوصف وتميز ولكنه بقي مجهولاً حتى القرن السابع عشر . اما وصفه للقلب فيتفق مع وصف آراسيسترات . ولكنه اعترف ان الشرايين تحتوي عادة الدم مع النسمة . وكان بصورة خاصة الأول والوحيد ، قبل هارفي Harvey الذي عرف ان نبضة القلب تصدم القفص الصدري عند القبض لا عند البسط (التمدد) . وطيلة اكثر من خمسة عشرة قرناً ، ساد الاعتقاد بان ضربات الشرايين تتوافق مع مرحلة تمدد القلب . وكذلك كان وصفه للاعصاب مشتقاً من تشريح « هيروفيل » و« اراسيسترات » . ولكنه عرف كيف يميز بوضوح الاعصاب الحسية والاعصاب المحركة كما وصف تصالب » الاعصاب البصرية . وفي مجال علم الامراض درس « روفوس » بدقة البرص والطاعون الدملي الذي يصيب الغدد اللمغاوية وداء الحمرة والسرطان الظهاري ، والحمى . وعرف دور الحمى المنقذ وتمنى استثارتها اصطناعياً ، كما عرف اهم امراض الاعضاء التناسلية والبولية الذكرية . وعرف عنه وصف جيد لعملية البحصة . كما دون ملاحظات مهمة حول الاضطرابات النفسانية وبعض امراض النساء .

سورانوس الايفيزي Soranus D'Ephèse : معاصر ومواطن لروفوس Rufus ، ذاك هو سورانوس الايفزي Soranus D'Éphèse الذي كان اكبر طبيب نسائي في العصور القديمة . كان منهجيَّ الانتماء ، ولكنه كان ضليعاً في علم التشريح وكان قريباً من التجريبيين كتب سورانوس Soranus حوالى ثلاثين كتابا حول مواضيع مختلفة . وقد عثر في القرن التاسع عشر على اشهر هذه الكتب « امراض النساء » والذي لم يعرف منه الا مختصر بين يدي القابلات ، وقد حرر في القرن الخامس او القرن السادس بقلم مجهول اسمه موشيون Moschion . وهذا المختصر كان شائعاً في القرون الوسطى . ومنه مخطوطة من القرن العاشر تضمنت رسومات تشريحية قديمة ، في هذا الكتاب المتعلق بالامراض قدم « سورانوس » وصفاً دقيقاً لاعضاء المرأة الجنسية ، ولمواقع المبيض الممكنة . وهدفت وصفاته وملاحظاته بشكل خاص الى استبعاد الاساليب العنيفة من مدرسة « كنيد » وكذلك استبعاد الممارسات الشعوذية التي كانت تلجأ اليها النساء

في كل العضور للعناية باجسادهن خاصة عند الحمل وعند الولادة . واوصى باستعمال الملقط والكرسي الولادية ـ المصورة في عدة اشكال رمزية في العصور القديمة ـ كما اوصى بالحقن داخل الفرج . ووصف بدقة وصواب جملة من امراض النساء مثل الرُحام Metrite والنزف الرحمي Metrorrnagie وانقطاع الطمث ,Amenorrhées والسرطان الصلد Squirrhée ودمل المهبل والهيستريا والغلمة (الشبق) Nymphomanie الخ . واقترح سلسلة من المعالجات الجذرية . اما فيما يتعلق بالعناية بالمولود الجديد فقد افاض في ايراد النصائح الحكيمة . وعدا عن هذا الاختصاص بقي لنا ايضاً من « سورانوس » ، عدا عن اجزاء متنوعة ، مضمون كتاب : « حول الامراض الحادة والمستعصية » ضمن مختصر لاتيني وضعه كاليوس اورليانوس Caelius Aurelianus ، وهو طبيب افريقي من القرن الخامس .

ولكن رغم امانته للمبدأ المنهجي في تضيف الحالات المرضية المعزوة ، بعضها الى تراخي المسام ، وبعضها الآخر الى ضيق المسام ، ارتفع « سورانوس » الى مستوى العياديين بحق وذلك عندما قام بدارسة دقيقة لعلامات الامراض . وقد مكنته هذه الدراسة من وضع تشخيص تفاضلي . ولكن الحقيقة انه اذا كان تفوقه ثابتاً في علم امراض النساء ، الا ان هناك من سبقه وتفوق عليه كعيادي ، ليس من قبل « غاليان » فقط ، بل من قبل احد اعضاء المدرسة النسمية المعاصر « لغاليان » او سابقه بقليل وهو آريتي الكابادوسي Arétée De Cappadoce .

آريتي الكابادويس Aretée De Cappadoce : وصل الينا باسم هذا الطبيب ، المجهول شخصه وحياته بصورة كاملة ، مطولان مؤلفان من اربعة كتب ، كل واحد منها ، مكتوب باللغة الايونية المحكية : اولهما « حول الاسباب والاشارات الدالة على الامراض الحادة والمستعصية » ، والآخر : « حول معالجة الامراض الحادة والمستعصية » . ويعتبر هذان المؤلفان اللذان اصابهما بعض التقطيع عبر القرون من افضل الكتب من هذا النوع ، الذي تركته لنا العصور القديمة . يصف آريتي Arétée في هذه الكتب وبدقة كبيرة علامات جملة من الامراض ، كما يحاول تحديد اسبابها الخارجية او الكامنة بالنسبة الى المريض كما يصف الاستطباب اللازم : التهاب غشاء الرئة التدرن او السل ، (الفتيزيا) ، و(البنومونيا وهو التهاب الرئة) ـ وهو واحد من افضل الفصول ـ، الربو ، ومختلف انواع الشلل (في الحركة = الاختلاج ، وفي الاحساس = الخدر ، وفي الحركة والاحساس = او الشلل النصفي التحتي او (البارابيلجيا) ، وشلل الحركة والاحساس والدماغ « الأبوبلكسيا ») ، والكزاز ، والصرع (ابيلبسيا) ، والهستريا ، والكوليرا الشائعة ، والديزنتاريا ، والصداع واليرقان الخ . وعَزَل لأول مرةٍ ، وحَلَّل السكري . وعزا الاغماء الى اصابة في القلب ، وعرف ان اصابات الدماغ ، بخلاف اصابات الحبل الشوكي ، تصيب الجهة المقابلة من النظام العصبي . ووصف بشكل رائع بعض الحالات المرضية العصبية مثل الهوس والكآبة .

اما من حيث الاستطباب فالقليل من الادوية ، وبصورة خاصة الوسائل الميكانيكية والحماية الغذائية : مسهلات مقيئات والحقنة الشرجية والحجامة ، والعلق والفصد « والدوش » والتدليك . وبالنسبة الى السل نصح بالسفر في البحر وضد النحافة تغيير نظام الطعام والتنزه والسلوى . ويظهر من هذين الكتابين ان المؤلف لم يكن تابعاً للمدرسة النسمية ، التي يفترض انه منها . لانه اذا كان يعطي

اهمية كبيرة للنسمة وللحظربة Tonus كما يعطي مكانة كبرى ايضاً للرطوبات وذلك في فيزيولوجيته وفي علمه المرضي ، ـ بحيث يقترب هنا من « هيبوقراط ـ ، فهو يصنف الامراض وفقاً للطريقة المنهجيين ، ويؤسس علم اسباب الامراض على المعرفة المفصلة بتشريح الجسد كما يفعل الاسكندريون . وبقول آخر انه لا ينتمي الى اية مدرسة . انه هو ذاته ، اكبر طبيب في الامبراطورية بعد « غاليان » . ومع ذلك طُرِحَ السؤالُ : الا يعود كل فضل عمل « آريتي » الى ارشيجين الابامي Archigéne D'Apamée ؟ هذا الممارس « الانتقائي » الذي مارس المهنة في روما ايام حكم تراجان Trijan ؟ اذ لوحظ تشابه حرفي بين مقاطع من « آريتي » وبعض مقاطع من « آرشيجين » . واليوم أصبح الاعتقاد بوجود هذا التأثير مسيطراً . ويجب ان نذكر ايضاً البحار الاسكندري وارث تراث « هيروفيل » و« آراسيسترات » الذي كان يمارس في زمن تراجان Trajan : ولم يكتفي فقط بان يكتب مطولاً جيداً في التشريح من 20 كتاباً ، وبتقديم ملاحظات شخصية ممتازة ، خاصة حول الجمجمة والعامود الفقري ، بل درّب وعلم العالم المشرح كنتوس Quintus الذي درب تلميذيه ساتيروس Satyrus . ونوميزيانوس Numisianus « غاليان » . وهذا الاخير كان يكن احتراماً كبيراً لاعمال « البحار Marin » الذي الهمه اكثر من مرة .

IV ـ « غاليان Galien »

يعتبر « غاليان » بضخامة عمله ونوعيته ، وكذلك بتأثيره على تاريخ الطب حتى القرن السابع عشر ، هو « وهيبروقراط » اضخم طبيب في العصور القديمة .

الرجل : اننا نعرف جيداً حياته وشخصه لانه يحب الكلام عن نفسه في كتبه . ولد في برغام ، سنة 129 ـ 130 من اب مهندس معماري وتلقى تكويناً علمياً وفلسفياً قوياً . واعلم ربُّ الطب اسكليبيوس Asclépios الذي كان له في « برغام » معبدُ شهيرٌ يؤمه الكثير من المرض ، والد غاليان في الحلم بان يوجه ابنه الشاب ، ابن السابعة عشر ، نحو المهنة الطبية . وكان الاطباء كثيرين في « برغام » . فتلقى فيها « غاليان » التعليم على يد مشرح ، وعلى يد « هيبوقراطي » وعلى يد تجريبي . وبعد موت والده تجول طيلة تسع سنوات بين العديد من المراكز الكبرى للدراسات الطبية حتى يكمل علمه منها : سميرن Smyrne كورانت Corintle والاسكندرية Alexandrie . وقد اكمل فيها معرفته بالتشريح ، ولكنه ايضاً زار جوليان المنهجي Gulien Le Methodiste ، كما كان يستمع في كل مكان الى فلاسفة المدارس المختلفة . وعاد الى « برغام » وعمره ثمان وعشرون سنة ، واصبح طبيب كلية المصارعين حيث قضى اربع سنوات في تمرين يديه على التشريح وفي التدرب على نظام الحمية .

وفي سنة 161 و162 ، اقام في روما حيث كسب الشهرة بمحاضراته العامة وبفنه العيادي ، كما اكتسب صداقات قوية وكذلك الاحقاد التي لا تقل عنها . هل الهرب من الاعداء او من الوباء الرهيب الذي ظهر في العاصمة هو الذي حمل « غاليان » على ترك روما فجأة ، سنة 166 بعد ان اوشك ان يصبح طبيب القصر ؟ . . . لقد نوقش الموضوع كثيراً . والواقع انه ذهب يقترب من موطن الوباء حين ذهب الى الشرق حيث زار قبرص وفلسطين وسوريا ، وهو يلاحظ ويلتقط العلاجات وذلك قبل ان يعود الى « برغام » . وما ان استقر وعاد الى وظيفته في مدرسة المصارعين حتى استدعاه مارك اوريل

Mark — Aurèle الى ايطاليا الشمالية Italie Du Nord الى آكيلي Aquilée حيث كانت تتم الاستعدادات لمحاربة الجارمان Germains . وبعد تفشي الطاعون الذي قتل لوسيوس فيروس Lucius Vérus الشريك في الحكم الامبراطوري ، عاد « غاليان » الى روما مع الامبراطور . وكان الطبيب للفتى كومود Commode الابن والوارث المفترض لمارك اوريل MARC—Auréle ، حتى بلغ عمر الولد 15 سنة . وبقي « غاليان » في روما اكثر من عشرين سنة ، موزعاً وقته في معالجة الكبار وفي كتابة مؤلفاته . وفي سنة 192 دمر حريقٌ هيكل السلام ، ومعه مخطوطات العديد من مؤلفات « غاليان » . ويبدو ان « غاليان » ترك « روما » بعد ذلك بقليل لاستراحة اخرى في « برغام » مدينته بالولادة ومات فيها حوالي السنة 200 عن عمر يبلغ 70 سنة .

مؤلفات «غاليان» : كان «غاليان» مملوءاً بالطموح والاعجاب بنفسه وكان نشيطاً وعنيفاً متحدياً وماهراً في اظهار فضله . وقد اظهر طيلة حياته حيوية وخصباً وقوةً وانفتاحاً ذهنياً بشكل فريد . والى جانب المؤلفات الطبية التي تشكل لوحدها (مجموعاً غنياً بشكل عجيب) ، وغزيراً ومتنوعاً ـ اكثر من 500 عنوانٍ ، على ما يبدو . . وقد وضع عدة كتب في البيان وفقه اللغة والفلسفة كما وضع مطولاً في المنطق عنوانه « التبيين العملي » ولا نمتلك منه مع الاسف الا اجزاء . كما وضع مطولاً « في اهواء النفس واخطائها » وهذا الكتاب متعلق بالسيرة الذاتية الى حد بعيد . ودون مناقشة التسلسل التاريخي لهذا الانجاز الضخم ـ الذي وضع له « غاليان » بنفسه ، وعلى دفعتين جدولاً مشروحاً ـ نذكر ببساطة انه بدأ بالكتابة عندما كان ما يزال تلميذاً عند العالم التشريحي ساتيروس Satyrus في « برغام » يوم كان عمره حوالي 18سنة ، ويبدو انه حرر كتبه في الفلسفة والتشريح والفيزيولوجيا قبل ذهابه الأول الى « روما » سنة 165 — 166 . وحرر كتبه المطولة في علم الصحة وعلم العلاج بعد عودته الى « ايطاليا » حتى وفاته . والكتب الطبية الخالصة عند « غاليان » يمكن ان تصنف تحت العناوين الخمسة التالية :

1 ـ مدخل الى علم الطب : نذكر بصورة خاصة المطولات : حول المذاهب والفرق ، حول العقيدة الافضل ، حول الطب العملي ، وهذه الكتب تمثل بشكل حي تماماً اهم المدارس في العصور القديمة مع مميزاتها .

2 ـ العديد من الشروحات حول « هيبوقراط » .

3 ـ كتب التشريح والفيزيولوجيا وتحتوي على القسم الاعمق في نظرية غاليان . ومن بين هذه الكتب : « اوس برسيوم كربورس هوماني De Usu Partium Corporis Humani ، والكتب الخمسة عشر حول التشريح والرسائل الاربع حول النبض .

4 ـ رسائل حول اسباب الامراض والتشخيص وهي اقل اهمية .

5 ـ العديد من الكتب الصحية وخاصة الكتب الستة بعنوان « صحة » ثم علم الاطعمة ، وعلم الصيدلة ، وبشكل خاص الاستطباب : والكتب الاربعة عشر حول النهج الاستطبابي او « الميغاتكني » او الفنون السامية . وكل هذه الكتب استعملت كأنجيل الفن الطبي طيلة عدة قرون .

التركيب العلمي والميتافيزيكي : اذا حاولنا ان نستخلص الصفات العامة لمؤلفات « غاليان » وافكاره ، تأخذنا صفتها التركيبية ومتانة اساسها العلمي والمكانة المهمة التي تحتلها المبادىء الميتافيزيكية فيها . كان « غاليان » سريع الانتقاد سريعاً في تحطيم النظريات عن سابقيه ، ولكنه كان يعرف ايضاً كيف يأخذ عن كل منهم ما عنده من جميل . واذا وضعنا جانباً المنهجيين ، وكان يحاربهم بلا هوادة ، نراه يغرف بكلتي يديه من النظريات لدى المدارس ابتداءً من « هيبوقراط » وصولاً الى التجريبين مروراً بالدوغماتيين والنسميين . وهو كذلك في الفلسفة . فقد تأثر « بارسطو » « وافلاطون » والرواقيين Stoiciexs وهو لا يستحق الا اسم « انتقائي » لو انه اكتفى بأخذ العناصر المتنافرة من النظريات المتنوعة . وبدلاً من ذلك عرف كيف يحيط ويسيطر على هذه التعددية ويبني نظرية شخصية قوية ومتماسكة .

نشأ « غاليان » على يد اب صديق للعلوم ، وكان مأخوذاً بالدقة الرياضية ، وقد تتلمذ على خيرة اطباء عصره . وقد جهد « غاليان » ان يرفع الفن الطبي الى مستوى العلم الحق . وكان ذا معارف تشريحية اكيدة ودقيقة ولكنه لم يستطع ، الا ما ندر ، اجراء التشريح الا على الحيوانات والقرود بشكل خاص ، وكان يأسف لذلك كثيراً كما انه كان يأسف لعجزه عن السير في الفحص الميكروسكوبي للانسجة ابعد من ذلك . وهذا امر اصبح ممكناً فقط بعد مضي 15 قرناً بفضل تقدم علم البصريات . وفي المقام الثاني كان يحتاج بشكل مطلق الى التجريب في بحوثه الفيزيولوجية . وبعض تجارب « غاليان » بقيت مشهورة مثلاً لكي يبين ان الشرايين تقود موجة النبض التي يرسلها القلب ، ربط شرياناً عارياً ، ولاحظ ان الموجة لم تعد تمر ، واستبدل قطعة من شريان بانبوب فلاحظ ان الموجة تمر ما لم يربط الشريان . وربط نفس الشريان ربطتين واجرى شقاً بين الربطتين ، فاثبت عكس آراسيسترات Erasistrate ان الشرايين تحتوي الدم حتى في الحالة العادية ، واتاح اللجوء الى المنهج التجريبي « لغاليان » الحصول على نتائج مهمة ، خاصة في فيزيولوجيا النظام العصبي .

واخيراً اكد « غاليان » على ضرورة الفحص العيادي الدقيق للمريض ، مع مراعاة كل المؤشرات بحسب ترتيب اهميتها وذلك قبل وضع التشخيص وقبل وصف العلاج .

ومن المؤسف ان يقترن هذا التشدد في الدقة العملية بمعتقدية ميتافيزيكية ، حورت وحرفت في اغلب الاحيان الاستقصاء والتحليل عند هذا العالم . ومما لا يؤسف له ان يكون « غاليان » فيلسوفاً ولكن مما يؤسف له ان افكاره المسبقة قد اعاقت بشكل مزعج بحوثه وشوهت استنتاجاته . والبديهية الاساسية في نظام « غاليان » هو المبدأ التيولوجي المنقول عن « ارسطو » : كل اقسام الجسم ، وكذلك كل ما يتركب منه العالم ، خلقت من قبل الكائن الاسمى وفقاً لنظام مسبق . وكل اعضائنا كيفت من قبل العناية الآلهية لتقوم بوظائفها الخاصة . من هنا الغائية الساذجة التي لا تبعد كثيراً ودائماً عن التفاهة . اما الاعداء الذين انصب عليهم غضب « غاليان » فهم الميكانيكيون والتطوريون والملحدون وكل الذين ينكرون العناية الآلهية او الذين ينكرون تدخلها في تفسير الطبيعة . ومن جهة اخرى ان الميل الى التحليل التجريدي وتأثير الفكر الأرسطي حملاه الى ارتكاب اغلاط رئيسة في البيولوجيا ، وخاصة نظرية الامزجة التي سوف نبحثها فيما بعد . وهكذا يُفَسَّرُ كيف ان هذا العالم العبقري بدا احياناً ادنى من الاطباء في عصر تراجان Trajan ، في مجال التشريح وفي مجال الفيزيولوجيا .

علم التشريح : لقد برع « غاليان » ، كعالم تشريحي ، بشكل خاص في وصف العظام والاعصاب والعضلات . اما وصفه للمفاصل وللاوعية وللاحشاء فأقل ارضاءاً . ونذكر بشكل خاص نجاحه في وصف العظام وتمييز ما له منها تجويف وما ليس له تجويف مخي ، وتفريقه في العظام بين النواتىء والمشاشة (كردوس العظم) وبين جسم العظم ، ووصفه للعلبة الجمجمية . ورغم الغموض في المعجمية فان مبحث العضلات عند « غاليان » ، هذا المبحث الذي يرتكز على دراسة « الماكاك » او القرد الاسيوي ، ثم ، فيما خص بعض العضلات ، على دراسة حيوانات اخرى ، ان هذا المبحث متفوق كثيراً على مباحث العضلات عند سابقيه : اننا ما نزال نعجب باقواله حول عضلات العامود الفقري وعصب آشيل . وقد قام ببحوث شخصية حول النظام العصبي ، وبصورة خاصة حول الاعصاب في الجمجمة فوزعها الى سبعة ازواج . وعرف الاعصاب المنثنية الى الوراء او الدائرية ثم الاعصاب الشوكية ثم الاعصاب الدماغية والعقد العصبية وقسماً من النظام الحبي . وبالمقابل خفيت عليه اعصاب الشم وعضلة العين المحركة ، كما اخطأ في تشريح العصب التوأمي التثليثي الذي لم يعرف تماماً الا في القرن الثامن عشر .

النظام الفيزيولوجي : في فيزيولوجيا «غاليان» يجب التمييز بين النظرية البيولوجية الآجمالية ، ذات الصفة المسبقة المزاجية الخالصة ، والاكتشافات الخاصة التي تدل على ملاحظ ممتاز . إن النظرية البيولوجية تبدو وكأنها بناء معقد نعثر فيه على « البنوما » او النسمة ، وعلى العناصر الاربعة ، وعلى الرطوبات وعلى القوى الخفية . والحياة لها ثلاثة اشكال ، وهذا من ارث « افلاطون » - في الكائن الاعلى : النفساني ، والحيواني ، والنباتي . وهذه الاشكال ترعاها ثلاثة انواع من النسمات المقابلة : النسمة النفسانية ومركزها في الدماغ وهي تجتاز المركز العصبي ، والنسمة الحيوية ويوزعها القلب والشرايين ، والنسمة الطبيعية وتكمن في الكبد وتتجول في الاوردة . ولكن كما هو الحال في الوثنية السائدة في ذلك الزمن يظهر الإله الاسمى في الكون من خلال سلسلة من الآلهة او الشياطين التابعة له ، كذلك فعل « غاليان » فادخل في نظامه سلسلة من القوى المتخصصة ، كل قوة منها تتحكم بنشاط خاص في الجسم - مثل القوى الجاذبة والمانعة او الحابسة والمغيرة والدافعة والمفرزة - او تتحكم بوظيفة فيزيولوجية معينة مثل الهضم والغذاء والنمو ، انها الاخوات البكر « للقدرة المنومة » التي سخر منها « موليير » . انها تفسر كل شيء ولا تفسر شيئاً ويمكن ان نقول نفس الشيء عن نظرية الامزجة على الاقل في شكلها الذي اعطاها اياه « غاليان » حين ربطها بنظرية الرطوبات القديمة : نذكر انه بعد القرن الخامس طبقت نظرية العناصر الاربعة على الجسم البشري تبعاً للتوافق المقبول بين « الماكروكوسم » او العالم الاكبر « والميكروكوسم » او العالم الاصغر . والعناصر الاربعة وهي النار والهواء والماء والأرض ، وكل منها يتميز بصفة اولية هي السخونة والبرودة والرطوبة.واليبوسة . وهذه العناصر تحدث الامزجة الاربعة في الجسم او الرطوبات : الدم ، البلغم ، الصفراء والمرارة السوداء . وفي الدم تتلاقى العناصر الاربعة بكميات متساوية اما في السوائل الاخرى فيتغلب عنصر على العناصر الاخرى : الماء في البلغم ، النار في المرارة ، الصفراء والأرض في المرارة السوداء . وهنا تدخل نظرية الامزجة المذكورة في المطول الهيبوقراطي « حول طبيعة الانسان » . ونقلها بصورة خفية آراسيسترات érasistrate

واسكليبياد Asclépiade ، وصاغها « غاليان » : بحسب تفوق احد الامزجة الاربعة في الفرد ، يصنف هذا الفرد في واحدة من المجموعات الفيزيائية الاربعة : المجموعة الدموية ، المجموعة البلغمية والمجموعة الغضبية والمجموعة الكئيبة او السوداوية . واحتفظ الكلام الدارج ، وحتى علم السمات الحديث احتفظ على الاقل جزئياً بهذه العبارات للدلالة على اتجاهات الامزجة ، من هنا كان « غاليان » سباقاً . ولكن الاساس الفيزيولوجي لنظريته بدا قديماً عتيقاً ومصطنعاً .

وقد حملت الملاحظةُ والتجريبُ اللذان مارسهما « غاليان » على جسم بعض الحيوانات، الى حصوله على نتائج افضل . ونظامه حول الدوران منبثق عن نظام « اراسيسترات » الذي يرى بدوره ان الدم المصنوع في الكبد بواسطة العصارة المعدية « والبنوما » الطبيعية ينتشر قسم منه في الجسم بواسطة النظام الوريدي وقسم في الجهة اليمنى من القلب بواسطة الوريد الاجوف . ولكن سبق ورأينا ان « غاليان » بخلاف « آراسيسترات » قد عرف وجود الدم بصورة دائمة في الشرايين . ولهذا تصور ان الدم الداخل في البطين الايمن (ينقسم) بدوره الى قسمين : القسم الاكبر يفرغ اوساخه في الرئتين عن طريق الشريان الرئوي ثم يرتد الى الجهاز الوريدي العام . وقسم صغير يجتاز الحاجز الفاصل بين البطينين ويمتزج في البطين الايسر مع « البنوما » الآتية من القصبة عبر الوريد الرئوي ، وذلك لتوزيع « البنوما » الحيوية التي تنشرها الشرايين في كل الجسم . والدم الذي تجره الشرايين الى الدماغ يتحول فيه عبر « الشبكة المدهشة » الى « بنوما » نفسانية توزع فيها بعد بواسطة الاعصاب . وتبدو فيزيولوجيا « غاليان » حول الجهاز العصبي اكثر روعة أيضاً . فقد قارن « غاليان » الدفق العصبي الداخل ، بشعاعٍ من الشمس يجتاز الهواء او الماء . ومعرفته بوظائف الحبل الشوكي بشكل خاص لم يُعْلَ عليها حتى بداية القرن التاسع عشر ؛ والصفحات المتعلقة بتحديد موضع الاضطرابات في الحبل الشوكي وفي الاعصاب الدماغية والجمجمية المؤدية الى شلل هذا العضو او ذاك ، وهذا القسم من الجسم أو ذاك ، تعد وبحق من اشهر الصفحات في الادب الطبي . وبالمقارنة تبدو معلوماته عن النطفة ضعيفة .

الباتولوجيا وعلم الحماية الغذائية (دياتاتيك) : تبدو الحياة في نظر « غاليان » ، وفقاً لتعبير الدكتور ب . سيدمن D^r P. Seidmann وكأنها حصيلةً متناسقةً ، وتبدو الصحة وكأنها توازن يتحقق بفضل حسن مسار الاعضاء ، وكذلك فيما تقدمه (البنوما) . وعندما يختل التوازن يظهر المرض . ان علم الامراض عند « غاليان » لا ينفصل عن فيزيولوجيته . وهذا العلم ، حاله كحال الفيزيولوجيا ، يتضمن جوهراً اساسياً نظرياً معقداً ، تدخل فيه غالبية العقائد السابقة ومن بينها عقيدة « هيبوقراط » ، ومظهر عملي واقعي هو الباتولوجيا العيادية ، المرتكزة على معرفة دقيقة واضحة بالتشريح وبالفيزيولوجيا ، وعلى معرفة بعلم الدلائل دقيقةٍ ، وعلى استلهام مضمون وموثوق . وفي كتابه المطول ، « الامكنة المصابة » عالج عضواً فعضواً كل مجالات علم الامراض ، منطلقاً من مبدأ ان كل اضطراب وظيفي يأتي من خلل عضوي . وليس من الوارد الآن استعراض هذا القسم من المؤلف الغالياني . نقول فقط ان « البيرغامي » صنف الامراض ضمن ثلاثة فئات بحسب ما اذا كانت تصيب واحدة من الرطوبات الاربعة ، او الاقسام المتشابهة (الموجودة

ضمن مثلين متناظرين في الجسد) او الاعضاء وانه ميز بين اربعة مجموعات من الظاهرات في تفاعلية المرض :

1 ـ الاسباب المباشرة للحركة الباتولوجية .

2 ـ الحركة الباتولوجية بالذات اي اضطراب الوظيفة .

3 ـ نتائج هذا الاضطراب في الاقسام المريضة .

4 - المؤشرات المتنوعة . وقد قبل « غاليان » بالنظرية القديمة حول « الايام الدقيقة الحساسة » في تطور الامراض . كما قال بالنسبة الى الأمراض المستعصية على الأقل ، بالخط المنحني الذي رسمه هيبوقراط Hippocrate : مراحل الفجاجة ، النضج ، ثم الازمة .

وفضل غاليان Galien ، مثل الهيبوقراطيين بدلاً من تطبيق الادوية ، كلما امكن ذلك ، نظام الحماية والمعالجة الوقائية . من الافضل المحافظة على الجسد بحالة جيدة بدلاً من محاولة اعادة التوازن المفقود . ولهذا يفضل الحماية والمغاطس والتدليك ، والعلاجات الحرارية واخيراً الرياضة شرط عدم الوقوع في التجاوزات التي دلت عليها تجاربه بشأن المصارعين ، واخطارها . وقد امر ايضاً انما بحذر ، بالفصد وبالمسهل ،وعندما يكون ذلك ضرورياً اوصى بالعديد من الادوية التي اورد اوصافها في كتابه « حول الخلائط وصفات الاجسام البسيطة » : واشهرها ترياق نافع لكل الامراض وفيه يدخل الافيون وسبعون مستحضراً متنوعاً . ويجب ان نضيف الى اعمال « غاليان » حول الاستطباب كتباً حول الجراحة وحول امراض العين والأذن لأنه كان بآن واحد ممارساً عملياً شمولياً كما هو منظر . وهذه الشمولية تفسر جزئياً التأثير الضخم الذي كان له في عصره وفي كل القرون الوسطى وايضاً في عصر النهضة حتى القرن السابع عشر . وهذه الشمولية هي ، كما عند « بطليموس » تعود الى انه كان آخر طبيب في العصور القديمة ، وبعده توقف العلم الطبي عن التقدم ، واخيراً ربما انه لم يحصل على مثل هذه الجمهور الواسع عند المسيحيين وعند المسلمين وعند اليهود ، لو انه لم يتبع فلسفة آلهية ، ولو انه لم يناد بوجود آلهٍ خَيرٍ وحكيمٍ وقادرٍ ، يجب الناس ان يعبدوه كما يحبهم هو .

V ـ الخصوصيات الطبية الهامشية . تراجع الطب القديم

لحظ آخر القرن الثاني ، بالنسبة الى العلم الطبي كما بالنسبة الى العلوم الاخرى ، بداية التراجع . الا انه ، في الامبراطورية السفلى وكذلك في بداية العصر الروماني ، بدا السقوط اقل عنفاً في مجال الطب مما هو عليه في المجالات الاخرى . وعصر النهضة الذي حصل في القرن الرابع اعطى فيه الطب اجمل ثماره وبخاصة، في فرع ملحق بالطب ،وهو الطب البيطري . وتاريخ العلوم لا يمكن ان يعطي كل المكانة اللازمة لبعض الاختصاصات الطبية الهامشية التي ان تضمنت معارف نظرية ، فهي تخرج اكثر عن الفن وعن التقنية مثل الجراحة ، والبصريات وطب الاسنان او العلوم التي تسلقت على فروع اخرى مثل الطب البيطري وعلم الصيدلة اللذين تسلقا على علم الحيوان وعلم النبات .

الجراحة : رأينا انه في الحقبة الهلينستية والرومانية كانت غالبية الاطباء تقوم بنفسها بالعمليات الجراحية وان طب العيون مدين في بعض تقدمه الأكثر شهرة الى مشرحين غير متخصصين . ولكن سلس

Celse يخبرنا ان الجراحة بعد « هيبوقراط » قد انفصلت عن الفروع الاخرى ، وانها اصبح لها « معلموها الخصوصيون » ، خاصة انطلاقاً من القرن الثاني ق.م. نحن نعلم ، بهذا الشأن ، اسماء عدة جراحين مشهورين ، ينتمون في معظمهم الى المدرسة التجريبية او الى المدرسة النسمية . نذكر منهم فيلوكسين Philoxène ، وهو اسكندري من بداية القرن الأول ق.م. ، وهو مؤلف العديد من الكتب الجراحية التي اشار اليها سورانوس Soranus وغاليان ، ومنهم امينوس Ammonius ، وهو اسكندري آخر في نفس الحقبة ، اخترع ملقطاً خاصاً لكي يحطم الحجارة الكبيرة في المثانة ، واخيراً ميجيس الصيدوني Mégès De sidon ، وهو منهجي من اواخر القرن الأول ، اهتم بشكل خاص ، على ما يبدو ، بالجراحة البطنية . وفي بداية القرن الثاني من عصرنا اضاف جراحان كبيران بهاءً الى بهاء حقبة مزينة باسماء روفوس وسرانوس Rufus Et Soranus الايفزي D'éphèse هما : هيليودور Héliodore مؤلف كتاب مطولٍ عن الجراحة ومكون من خمسة كتب ، ثم انتيلوس Antyllus ونجهل حياته ، ولكنه كان بكل تأكيد واحداً من الافاضل ، إن لم يكن افضل جراح في العصور القديمة : وقد بقي لنا عنه رسائل شهيرة تتعلق با« لانيفريسم » او تنفح الشرايين وبعملية اعتام عدسة العين . ولا نعرف من نكرم اكثر : الجراحين ونجاحهم او مقاومة المرضى وصبرهم . فكل العمليات الجراحية حتى الثقب وثقب العصبة ، وشق البطن وعملية استخراج الحصاة من المثانة والبتر كلها كانت تجري بشكل اعتيادي بدون بنج وبدون تعقيم وكان المريض يعطي احياناً عصير القطرب (المنوم) المخلوط او غير المخلوط بالسيكرام (المخدر) ، حتى ينام قبل العملية ، ولكن النوم لم يكن عميقاً . فضلاً عن ذلك كان الكثير من الجراحين مثل غاليان ينفرون من استعمال المخدرات ، ولتهدئة الاوجاع كانوا يستعملون الافيون وعصير الخس البري . واحياناً كانوا يخففون الحساسية بضغط الشرايين الاوداجية (الكاروتية = من كاروس خدر) او الاوردة الاوداجية . بالمقابل كانت الآلات الجراحية متنوعة ومتطورة نسبياً ، كما يدل على ذلك وصف سلس Celse ، والكشوفات الاثرية التي جرت في بومباي Pompée من ايطاليا Italie وفي غاليا Gaule من فرنسا : المبضع ، المسبر ، الملقط ، الكماشة ، الشنكل ، المنشار ، القسطر ، والساطور من كل الانواع الخ ، وكلها تشكل متحفاً مخزناً ضخماً للتعذيب .

علم جراحة العين وطب الاسنان: كان لطب العين اختصاصيون نعرف عدداً منهم، في «غاليا» خاصة، من خلال كمية من الاختام الطبية البصرية وادوات خاصة كشفت عنها التنقيبات. في القرن الأول ب . م . وصف سلس Celse عمليات البتريجيون Ptérygion في سقف الحلق وجحوظ العين ثم السيلان الدمعي Cataracte وكان يعرف عملياتها. وايام نيرون Néron، كتب ديموستين فيلاليت Démosthéne Philalèthe، تلميذ المدرسة الجديدة الهيروفيلية، مطولاً عن طب العيون بقي حتى اواخر القرون الوسطى الكتاب الأساس بالنسبة الى المتخصصين في العين.

اما فن الاسنان ، فسلس Celse ايضاً يخبرنا افضل من غيره عن التطبيق في عصره : واذا كان يعالج بشكل خاص امراض الفم مثل مطول « هيبوقراط » « الاسنان ولواحقها » ، فهو يوصي بشكل خاص بالميسم اوالكي بالنسبة الى الاستسقاء الجيبي . ويصف ايضاً عدا عن المراحل المتتالية في عملية

القلع ، معالجة التسوس الاسناني ، بحبيبات من المعجون والقطن تدخل في التجويف .

ولكن التلميحات التي ادلى بها الشعراء ومستخرجات القبور من الهياكل هي التي اتاحت تقدير درجة الكمال المحقق في المعالجة الاسنانية : كالجسور المثبتة بحلقات ذهبية تحمل اربعة اسنان اصطناعية . وهي كثيرة في المقابر في ايطاليا وخاصة في اتروريا Étrurie . وقد عثر ايضاً على تيجان مدهشة مصنوعة من المينا المأخوذة من اسنان بشرية سحب منها عاجها .

الطب البيطري في روما : كما هو الحال في كل الحضارات السابقة على نمو النهضة الآلية كان عمل الحيوانات الاليفة يشكل اضافة الى عمل العبيد المصدر الرئيسي للقوة في الاقتصاد القديم . ثم ان الطب البيطري وخاصة طب الخيل عرف في الحقبة الهلينستية والرومانية نمواً ملحوظاً يصعب تتبع مراحله بسبب زوال العديد من النصوص . وبعد الاطباء المتخصصين في الخيل وبعد كزينوفون Xénophon ، عالج « ارسطو » طب الحيوانات في كتابه : « تاريخ الحيوان » ، مستخدماً ما توصل اليه سابقوه . وبعدها انعدمت الاسانيد بشكل خالص بالنسبة الى العلم اليوناني حتى القرن الثالث من عصرنا . ولكنا نعرف ان ممارسة فن الطب الحيواني لم تنقطع في البلدان الهلينستية بين هذين التاريخين . من ذلك ان الاختصاصي الشهير بالعلوم الخفية ، بولس المعروف بديموقريط المنديسيBolos Alias Démocrite De Mendès كتب في حوالي السنة 200 ق . م . « جيورجيك » وخصص قسماً منها للعناية بالحيوانات . ووصل الينا اسماء : « ابيشارم Epicharm (القرن الثاني ق . م .) وقد ذكره فارون وبلين القديم Varron et Pline L'ancien ، ثم باكساموس Paxamos ، الذي كتب عن امراض الثيران (القرن الأول ق . م .) . وفي ايطاليا ايضاً ، منذ بداية القرن الأول ق . م . إرتدى الطب البيطري شكلاً علمياً ، وافرد له الكُتَّاب في الادب الزراعي مكاناً في موسوعاتهم : منهم فارون وفيرجيل Varron et Virgile في القرن الأول ق . م . وكولوميل وبلين القديم Columelle et Pline L'Ancien في القرن الثاني ، وبالاديوس Palladius في القرن الرابع . ورغم وجود وصف دقيق لمختلف الامراض المعروفة يومئذٍ ، في « الجورجيك Géorgiques » ، لفرجيل Virgile فان كتاب « روستيكا » Rusticaالكولوميل Columelle الذي اكتفى بالاديوس Palladiusبذكره ، يكشف عن معارف اكثر اتساعاً ، ويتضمن معطيات تطبيقية لصالح مربيٍ المواشي . وبعض اوصافه هي بآن واحد دقيقة ومتنوعة وتختلف عن الجداول العيادية بالامراض التي كانت معروفة حالياً والتي افترض المؤرخون العارفون امثال ي . ليكلانش E. Leclainche ، ان المؤلف وصف امراضاً زالت الآن مثل طاعون المعزى ، ومثل مرض الرئة عند الخرفان ومثل اشباه الطاعون . وعلى العموم ، وبخاصة اذا كان الامر يتعلق باصابات داخلية ، كان المربون اللاتينيون يكتفون بفرز وعلاج مظاهر المرض - الحمى ، السعال ، الاستفراغ ، المغص الخ - دون البحث في تحديد السبب . ولكن كولوميل Columelle يعطي نصائح صحية جيّدة .

طب الخيل عند اليونان : بلغ الفن في الطب الحيواني القديم ذروته في مجموعة من النصوص كتبت في القرن الثالث والرابع والخامس ب . م . من قبل يونانيين ثم جمعت جزئياً في القرون الوسطى ، ربما في القرن العاشر فقط ، تحت اسم «هيبياتريكا Hippiatrica . وقد استقى المؤلفون الى حد كبير معلوماتهم من المستندات السابقة ، بما فيها النصوص الهيبوقراطية ، وحتى من مصادر مصرية واسيوية . واشهر

هؤلاء الاطباء الخيوليين هم اولئك الذين كانت مشاركتهم هي الأوسع . والمقام الأول يعود بدون نزاع الى ابسيرتوس Apsyrtos الذي ولد بحسب قول العالم البيزنطي .سويداس Suidas في سنة 300 ، ورافق « قسطنطين » الكبير كرئيس اطباء الخيل في الجيش ، في حملته ضد السمارتيين والفوطيين ، ثم مارس مهنته في بيتينا Bithynie . وقد جرب البعض حديثاً ان يبين ان « ابسيرتوس » عاش بين 150 و250 ، وهي فرضية تحتاج الى الاثبات . والقسم المحفوظ من انتاجه له شكل رسائل مرسلة الى 60 مراسل متنوع ، عشرون منهم تقريباً هم اطباء بياطرة . وفي الترتيب المتبع في افضل المخطوطات درست مرة ومرة الامراض العامة (مثل الحمى والخَنَبُ او الخُنان(*) والتهاب الرئة (Péripneumonie) والرضوص (Foulure) ، وكل انواع الفصد ، وبشكل خاص الامراض الخصوصية ، والمشروبات والمراهم . وقد عولجت امراض (باتولوجيا) الحصان معالجة دقيقة وكذلك استطبابه ، بشكل عقلاني ، افضل من الكتب السابقة . والى جانب هذا السَّباق في علم الخيول الحديث كان هناك بيلاغونيوس Pelagonus ، الذي عاش في النصف الثاني من القرن الرابع وحرر 48 مادة في كتاب طب الخيول « هيبياتريكا » . ظهر بيلاغونيوس Pelagonus كممارس ضعيف . وبالمقابل ان المئة وسبع مواد المنسوبة الى هيروكليس Hiéroclès (حوالي 400)تشكل كتاباً ممتازاً في علم الخيل (تربيتها ، صحتها ، اختيارها ثم تدريبها). واذا كان من الافضل الصمت عن كتاب « مولومديسينا Mulomedicina » المغفل المؤلف ، وهو مجموعة كتبت بلغة لاتينية بربرية ونشرت في نفس الحقبة تقريباً تحت رعاية «السانطور» شيرون Centaure Chiron، وكذلك الكتب الاربعة في «الطب الحيواني» والمنسوبة إلى فيجيسVégès ، ربما زوراً وهو مؤلف لاتيني، لكتاب «مختصر في الفن العسكري » هذه الكتب تستحق اشارة موجزة . لأنها وإن كانت تجميعات غير متساوية ، اخذت بخاصة من مولومديسينا Molomedecina الشيرونية Chirons » ومن مجموعة كولوميل Columelle ، فهي تمثل مجموعاً في الطب البيطري في اواخر العصور القديمة ، ويتمتع العمل بشهرة باقية .

الاطباء الاخيرون في العصور القديمة : في نفس الوقت الذي ازدهر فيه الادب الخيولي ، عاد الطب الى مجده في الشرق بفضل النهضة القسطنطينية. ورغم الهجمات التي تعرض لها العلم والثقافة الوثنيين من قبل المسيحيين المتعصبين ظلت الاسكندرية مصدر الافكار الخلاقة وملهمة الافكار التطلعية. وهكذا استطاع اوريباز Oribase، المولود في برغام Pergame حوالي سنة 325، ان يتلقى فيها تدريباً طبياً متيناً. ثم تعرف في « اثينا » على الامبرطور « المستقبلي » جوليان الجاحد Julian. L'Apostat الذي اخذه معه الى « غالية » وشجعه في مشاريعه . اما المساهمة التي قدمها اوريباز Oribase في العمل ضد مسيحية « جوليان » ، بخلال حكمه ، فقد تسببت له بالابعاد الى بلاد البربر بعد موت الامبراطور سنة 363 . ولكنه سرعان ما استدعي الى القسطنطينية Constantinople حيث عاش حياة نشيطة وهنية ،ولم يكن اوريباز Oribase عالماً كبيراً ولا كاتباً اصيلا ، ولكنه لعب دوراً مهماً في تفوق « غاليان » حين عرض نظرياته بشكل منهجي ، في مجموعته الشهيرة « المجموعة الطبية » . وهي سبعون كتاباً ـ وصل منها الثلث ـ وهذا كثير بالنسبة الى تلك الحقبة . واستمد منها كتاباً اسمه « سينوبسي Synopsis » من

(*) التهاب الغشاء المخاطي القسطنطينية .

تسعة كتب تضاف اليها اربعة كتب بعنوان ايبوريستا Euporista ، وهو نوع من الدليل حول الحماية وحول الاستطباب موجه الى الجمهور . وهذان الكتابان ترجما باكراً الى اللاتينية وعرفا شهرة واسعة . وهناك اسماء اطباء آخرين يونان يمكن ذكرهم مع اسم اوريباز Oribase . من بينهم العالم بالاعصاب فيلاغروس Philagrius ثم العالم بالامراض النفسية بوزيدونيوس Posidonius . هذه العودة الى النشاط تمثل شيئاً آخر غير اليقظة الاخيرة انها بداية نهضة جديدة سوف تنتشر في الامبراطورية البيزنطية في القرن السادس . وفي الغرب بالعكس من ذلك ضربت الحروب والفوضى التي سادت في القرن الثالث ، العلم الطبي ضربة قاصمة . واكتفى افاضل الاطباء في القرن الرابع والقرن الخامس بتجميع وترجمة كتب المنهجيين وخاصة أفضلهم سورانوس الايفيزي Soranus D'éphèse : من هؤلاء مثلاً فنديسيانوس Vindicianus صديق القديس اوغسطين Augustin ومؤلف مطولين هما : « جيناسيا » Gynaecia ، و « اكسبارتي ريميدي » expertis remedus ومنهم ايضاً كاليوس اوريليانوس (Caelius Aurelianus) الذي ولد في نوميديا ، والذي لخص في القرن الخامس كتاب سورانوس Soranus تحت عنوان « الامراض الحادة والامراض المستعصية » .

* * *

نهاية العلم القديم

انطلاقاً من آخر القرن الثاني لوحظ تراجع عام في العلم . وتقلص النشاط العلمي تقلصاً كبيراً . وحتى في القرن الرابع ، ايام النهضة القسطنطينية التيودوزية ، التي اعطت العلم نفحة حياة جديدة ، لم يسجل النشاط العلمي اي تقدم عملي . وهناك فئتان من الاسباب تزاوجت فأدت الى هذا التراجع : التحول الايديولوجي والفكري من جهة ثم الانقلاب السياسي والعرقي من جهة اخرى .

التيارات المناوئة للعلم : ان الجهد العقلاني الذي يدعم الفكر العلمي له عدوّان ابديان التصديقُ والاشراق . وهذان العاملان تختلف قوتهما وخطورتهما بحسب الازمنة ولكن منذ القرن الثالث ق . م . : وبخاصة في بداية العصر المسيحي انتشرت القوة اللاعقلانية في كل العالم الاغريقي الروماني باشكال متنوعة ففي حين كان الفكر الاستقصائي المنهجي مهدداً بقوة الشكوكية او بالعكس بقوة الدوغماتية الفلسفية ، كانت النفوس تستسلم شيئاً فشيئاً الى تمنيات ذات طابع عاطفي او تصوفي . وقد جُرّت الى هذا بفعل عبادات جاءت من مناطق مهلنة او ظلت بربرية في الشرق : مثل عبادة ديونيسوس Dionyros ، وسيبيل Sybèle، وايزيس Isis ، وبعل Baal ، وآلهة شمسية . وفي القرن الأول حتى القرن الرابع ب . م . انطلقت هذه التبتلية الدينية . وساد اصحاب المعجزات . مثل ابولون التياني Apollonius De Thyane واسكندر ابونوتي Alexandre D'Abonotique . ونمت الحركة الغنوصية وفرخت فروعاً في جميع الاوساط : الوثنية واليهودية والمسيحية واليونانية ونصف اليونانية والبربرية . في كل مكان برزت النزعة ذاتها لتفسير اسرار الخلق بفضل رسالة موحى بها الى اشخاص مصطفين من قبل الالوهية او رسولها . من ذلك الكتابات الهرمسية (السحرية) ، حفظت لنا الكشف والوحي من قبل الإله اليوناني المصري هرمس - توت Hermès — Thot الى تلميذه اسكليبيوس Asclépius . اما

الصفات اللازمة للوصول الى « المعرفة » فلم تعد العقل ولا الذكاء ولا دقة الملاحظة ولا الموضوعية ، بل القلب النقي والايمان الاعمى دون ان نذكر لدى دعاة هذه المذاهب ، الخيال الهاذي .

امام هذه الحالة الفكرية التي نمت تطورت العلوم الخفية والتنجيم والخيمياء ، وقد وصفنا نهضتها ، ثم تقدم السحر . وكان السحر يطبق بصورة سرية خفية ، خاصة عند الجهال . ولكنه في القرون الأولى من العصر المسيحي بلغ الأوساط المثقفة وظهر للعيان . وبذات الوقت اخذ العلم يتقهقر : فحلَّ التنجيم ينافس علم الفلك ، وخنقت الخيمياء اول طلائع الكيمياء . اما علم النبات فاقتصر فقط على علم النباتات الطبية وما فيها من وصفات سخيفة . اما علم الحيوان فاقتصر على مجموعاتٍ من « الاعاجيب » الخيالية الوهمية : ولم ينج الفلاسفة من هذه الموجة المعادية للعقل : فانغمس الافلاطونيون في التصوف . وآمنَ الرواقيون بالتنبؤات وتأثيرات النجوم . وعندهم كما عند « بلين القديم » ، زال الجهد لاكتشاف القوانين وتحديدها ، اي العلاقات الثابتة بين الظاهرات ، ليحل محله السبب الغامض والشمولي الذي يعمل من بعيد فيولد الاحداث . ورغم كل شيء كان القرن الثاني ايضاً حيث برزت هذه التيارات المتعددة بقوة ـ العهد الذهبي بالنسبة الى علم الفلك والطب ـ وكذلك بالنسبة الى الامبراطورية الرومانية ـ والقرن الثالث تضمن عدة علماء مشهورين . ولا يمكن ان نؤكد زيادة على ذلك ، كما فعل البعض كثيراً ـ ان العلم القديم كان مصيره الموت المحتم ، حتى ولو كان اطاره الذي عاش فيه لم يتحطم بعد .

تأثير المسيحية : وكذلك الحال بالنسبة الى تأثير المسيحية . لا شك ان المسيحيين الأوائل وقفوا من العلوم موقفاً متحفظاً، ذهب من حد اللامبالاة الى حد المعاداة، فقد كانت العلوم مشمولةً، كالفلسفة والادب بالحقد والحذر الذي كان يكنه المسيحيون تجاه الثقافة الوثنية . ولكن ابتداء من القرن الثاني ، اصبح هذا الاحتقار المنهجي اكثر ندرة : مثلاً عند تارتوليان Tertullien ، وعند لاكتانسى Lactance . ولم يبق من هذا العداء الا في بعض الاوساط المضطربة مثل اوساط الاسكندرية حيث كان التعصب قد حمل المسيحيين على تحطيم الكنوز في المكتبة وفي المتحف وعلى اطفاء المشعل العلمي المجيد الذي استمر الوثنيون في اشعاله حتى حوالي السنة 400 ، وعندما اعترف اكثر اباء الكنيسة بقيمة الفكر اليوناني ، قبلوا ايضاً غالبية المعطيات التي قدمها الفكر الوثني شرط ان لا تناقض الكتابات المقدسة وشرط ان لا تلهي المؤمن عن الاستعداد لآخرته اي لخلاصه . واشار القديس باسيل Basile والقديس كريكوار النازينزي Grégoire De Nazianze خصوصاً ، وايضاً القديس اوغسطين Augustin ، الى منافع العلم وامتدحوا درس الطبيعة التي هي من صنع الخالق . صحيح بان الاهتمام بالتوفيق بين ما يؤكده علم البيولوجيا والجغرافيا وبين اوائل السور ، في سفر التكوين ـ مفسراً اما حرفياً واما بشكل رمزي ـ ادى الى نكوص وتراجع غريبين : من ذلك ان القديس « اوغسطين » رفض نظرية القطبين ، وبعد قرن من الزمن رفض كوسما انديكوبلوستي Cosmas Indicopleustès نظرية كروية الأرض ، وصحيح ايضاً ان المفكرين المسيحيين لم يكونوا يؤمنون عموماً بان البحث العلمي هو شأن من شئونهم ، وانهم كانوا يلحقون معرفة الكون بالشأن الروحي ، الا انهم ، باستثناء القليل ، لم يكونوا يعارضون بصورة منهجية العلم . وتدل اسماء كاسيودور Cassiodore وايزودور Isidore De Seville

من اشبيليا ، وبيد المحترم على الاهتمام الذي اظهره الاحبار الكبار تجاه العلم .

تدمير الحضارة اليونانية ـ الرومانية : كان العلم القديم قد ضعف ، وربما الى غير رجعة عندما اجهز عليه البرابرة كما حدث في امبراطورية الغرب . ورغم ان الظروف الادبية والمادية التي اوجدها اللآجيديون الأوائل ، قد ساعدت بقوة على نهضة العلم الهلينستي . الا ان التدمير الحاصل بفعل الغزاة الجرمان ، وانقلاب الهيكليات الاقتصادية والاجتماعية والسياسية ، ثم سيادة الشعوب البربرية فعلاً ، كل ذلك دمر الامكانات المادية والادبية في البحث وفي الدراسة العلمية . وادت الغزوات الكبرى التي جاءت في القرن الخامس ، بعد ان سبقتها الغزوات العميقة في القرن الثالث ، الى القضاء على الثقافة القديمة على الأقل في العالم الغربي . اما الامبراطورية البيزنطية التي نجت لعدة قرون ، والتي حُرمت من مشعل الاسكندرية القوي ، فقد ظلت حياتها العلمية تعيش ببطء .

الشهود الاخيرون على العلم القديم : ـ لعب الشهود الاخيرون للحضارة القديمة في الغرب دوراً مهماً جداً في نقل هذا الرأسمال المعتبر الى الاجيال المستقبلية ، فقد خلف هؤلاء الشهود اجيال من المترجمين والمصنفين الذين ازدهروا في القرن الرابع خاصة في العلوم الرياضية والجغرافيا والطب . من هؤلاء الشهود يجب ان نذكر ثلاثة : مارتينوس كابيلا Martianus Capella من مادور Madaure في نوميديا ، الذي الفّ حوالي سنة 470 كتاباً تحت عنوان متحذلق قليلاً هو : « عرس الفيلولوجيا والفنون السبعة الليبرالية » Des Noces de Meraure et de la Philologie et des Sept arts Libéraux وهي مجموعة من المعارف الضرورية للانسان المثقف ، وقد سبق ان صنفت بحسب الترتيب المدرسي الوسيطي الى ثلاثية : (النحو الديالكتيك او الجدل ثم البيان) والى رباعية هي (الجيومتريا ومعها الجغرافيا ـ الحساب ، الاسترونوميا او علم الفلك ، والموسيقى بما فيها الشعر ـ) :

هذه المجموعة التافهة نوعاً ما ، انما الكثيرة الانتشار في القرون الوسطى كان لها فائدة مزدوجة ، انها تعكس المثال الاسمى عند المثقفين في ذلك الزمن ، كما انها تنقل لنا معلومات ثمينة حول معتقدات متنوعة وعملية في العصور القديمة ، وخاصة حول العلم التكهني عند الاتروسكيين .

اما العالمان الآخران فينتميان الى عائلة فكرية اكثر تميزا : فهناك بويس Boèce المولود حوالي سنة 480 . وقد سمي قنصلاً من قبل الملك اوستراغوس تيودور Ostragoth Théodori سنة 510 . وبعدها سُجن ، وبعد مدة طويلة في الحبس اعدم سنة 524 لأنه دعا الى عودة الحرية الرومانية . وعدا عن كتابه الشهير « السلوى الفلسفية » ، وقد كتبه قبل موته بقليل ، يوجد له كتاب محرّف عن كتاب الحساب لنيكوماك Nicomaque ، كما توجد له مجموعة من كتب نيكوماك واقليدس وبطليموس حول الموسيقى . ونعرف ايضاً عنه انه لخص « عناصر »اقليدس ، و« علم الفلك » لبطليموس . وهو بهذا يكون قد اكمل حلقة « الرباعية » .

والى بويس Boèce بشكل خاص يعود الفضل في تعريف القرون الوسطى بالعلم القديم . اما العالِمُ الثالث فهو كاسيودور ، القنصل ' Cassiodore - Consul ايضاً ، سنة 514 . وقد عاش بعد طرد الغوطيين ، وذهب يعيش في القسطنطية ، ثم رجع الى كالابر Calabre في اسكيلاس مدينته

بـالولادة ، حيث اسس الـدير الشهـير دير فيفـاريـوم Vivarium . ويعـود مجـده لا الى مجمـوعـاتـه الموسوعية : انستيتسيون ديفينا ريوم Institutiones Divinarum et humanarum Litterarum et Vaciacum epistolarum Libri بقدر ما يعود إلى المشروع الذي قام به في ديره : يبدو انه كان الأول الذي كلف رهبانه نقل المخطوطات التي جمعها كاسييودور بصبر ـ بعد طرد البرابرة، وبعد اجتماع روما وبيزنطة، ـ من كل الامبراطورية. والكل يعلم كَمْ كان هذا العمل المثالي الذي جرى في فيفاريوم، خصباً بالنسبة إلى القرون الوسطى.

ولـولا كاسيـودور Cassiodore ورهبانـه وكـل الآخـرين غيـرهم ، الـذين ظلوا طيلة قـرون يستنسخون بصبرٍ وجلدٍ نصوصاً لم يكونوا يفهمون منها شيئاً في اغلب الاحيـان ، اكرر ، لـولا هذا العمل لكانت كل مؤلفات العصـور القديمـة العلمية والادبيـة قد زالت غـرقاً ولما كانت النهضـة قد حصلت .

مراجع لمجمل الكتاب الثاني

BIBLIOGRAPHIE D'ENSEMBLE DU LIVRE II
(Science hellénistique et romaine)
العلوم الهلنسنية والرومانية

مؤلفات عامة *Ouvrages généraux*

Travaux, cités dans la bibliographie du livre précédent, de BRUNET et MIELI, COHEN et DRABKIN, ENRIQUES et SANTILLANA, HEIBERG, A. MIELI, A. REY, F. RUSSO, G. SARTON et P. TANNERY.

Voir en outre : J. BEAUJEU, Rapport au Congrès de Grenoble de l'Assoc. G. Budé sur *La littérature technique des Grecs et des Latins*, *Actes du Congrès*, Paris, 1949, pp. 21-77 : bilan critique des recherches pour la période 1920-1946. — P. BOYANCÉ, Les Romains et la science, *L'Information littéraire*, t. III, 1951, p. 60. — E. J. DIJKSTERHUIS, *Die Mechanisierung des Weltbildes*, trad. H. HABICHT, Berlin, 1956. — PAULY-WISSOWA, *Real-Encyclopädie der klassischen Altertumswissenschaft* (notamment les articles *Erasistratos*, *Eratosthenes*, *Erdmessung*, *Galenos*, *Herophilos*, *Hipparchos*, *Museion*, *Planeten*, *Poseidonios*, *Ptolemaios*, *Rufus*, *Soranos*, *Straton* et *Winde*). — G. SARTON, *A history of science...*, II : *Hellenistic science and culture in the last three centuries B. C.*, Cambridge (Mass.), 1959. — W. H. STAHL, *Roman science*, Madison, 1962. — W. TARN et G. T. GRIFFITH, *Hellenistic civilization*, Londres, 1952.

العلم الاتروسكي *La science étrusque*

C. O. THULIN, *Die etruskische Disciplin*, 3 Dissert., Göteborg, 1905 à 1909 ; Die Götter des Martianus Capella und der Bronzeleber von Piacenza, in *Religiongeschichtliche Versuche und Vorarbeiten*, 1906. — St. WEINSTOCK, Martianus Capella and the cosmic system of the Etruscans, in *Journal of Roman Studies*, XXXVI, 1946. — A. GRENIER, L'orientation du foie de Plaisance, in *Latomus*, 1946, p. 293 sq. — A. PIGANIOL, Sur le calendrier brontoscopique de Nigidius Figulus, in *Studies in Roman economic and social History in Honour of Allan Chester Johnson*, Princeton, 1951, p. 79 à 87. — Dans le catalogue de l'Exposition intitulée *Symbolisme cosmique et monuments religieux* qui a eu lieu au Musée Guimet en 1953-1954, le chapitre consacré à la Grèce, l'Étrurie et Rome. — J. NOUGAYROL, Les rapports des haruspicines étrusque et assyrobabylonienne et le foie d'argile de Faleri veteres (Villa Giulia, 3728), *Comptes rendus des séances de l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres*, 1955, pp. 509 sq. — On trouvera une bibliographie à jour jusqu'en 1948 dans A. GRENIER, *Les religions étrusque et romaine*, coll. « Mana », Paris, 1948. — M. PALLOTTINO, *Etruscologia*, 3e éd., Milan, 1955. — Pour la question des ex-voto médicaux étrusques, cf. Quentin F. MAULE et H. R. W. SMITH, *Votive religion at Caere : prolegomena*, dans les publications d'archéologie classique de

l'Université de Californie, vol. 4, nº 1, Berkeley et Los Angeles, 1959. — Dr P. DECOUFLÉ, *La notion d'ex-voto anatomique chez les Etrusco-Romains. Analyse et synthèse* (coll. Latomus, LXXII, 1964).

الرياضيات الهلنستية والرومانية

P. DEDRON et J. ITARD, *Mathématiques et mathématiciens*, Paris, 1959. — Th. HEATH, *A History of Greek Mathematics*, 2 vol., Oxford, 1921 ; *A Manual of Greek Mathematics*, Oxford, 1931 ; *The thirteen Books of Euclid's Elements*, 3 vol., Cambridge, 1926. — J. ITARD, *Les livres arithmétiques d'Euclide*, Paris, 1961. — A. LEJEUNE, *Euclide et Ptolémée, deux stades de l'optique géométrique grecque*, Louvain, 1948 ; *Recherches sur la catoptrique grecque*, Louvain, 1957 ; *L'optique de Ptolémée*, Louvain, 1956. — G. LORIA, *Histoire des sciences mathématiques dans l'Antiquité hellénique*, Paris, 1929. — B. L. VAN DER WAERDEN, *Science awakening*, Groningen, 1954. — H. G. ZEUTHEN, *Histoire des mathématiques dans l'Antiquité et au Moyen Age*, Paris, 1902 ; *Die Lehre von den Kegelschnitten im Altertum*, Copenhague, 1886.

Éditions gréco-latines des textes des mathématiciens grecs publiés dans la collection Teubner. — *Œuvres d'Euclide*, trad. PEYRARD, Paris, 1819. — Trad. par P. VER EECKE des œuvres d'Apollonius (Bruges, 1924), Archimède (2e éd., avec les *Commentaires* d'Eutocius, 2 vol., Paris, 1960), Diophante (Bruges, 1926), Euclide (*L'optique et la catoptrique*, Bruges, 1938), Pappus (Bruges, 1933), Proclus (Bruges, 1948), Théodose (Bruges, 1927). Nouveaux tirages de ces traductions aux éditions Blanchard, Paris.

علم الفلك

F. BOLL, *Sphära*, Leipzig, 1903 ; *Sternglaube und Sterndeutung*, 3e éd., 1926. — L. W. CLARKE, Greek astronomy and his debt to the Babylonians, *The British Journal for the History of Science*, t. I, 1962, p. 67. — F. CUMONT, *Astrology and religion among the Greeks and the Romans*, New York, 1912. — J. B. J. DELAMBRE, *Histoire de l'astronomie ancienne*, 2 vol., Paris, 1817. — P. DUHEM, *Le Système du Monde*, 10 vol., Paris, 1913-1959. — W. GUNDEL, *Sterne und Sternbilder im Glauben des Altertums...*, Bonn, 1922 ; *Dekane und Dekansternbilder*, Hambourg, 1936 ; art. *Planeten*, in *Real-Enc.*, 1950. — Th. HEATH, *Aristarchus of Samos*, Oxford, 1913. — O. NEUGEBAUER, The alleged Babylonian discovery of the precession of equinoxes, *Journal of the Amer. or. Soc.*, 1950, I ; The early history of the astrolabe, *Isis*, t. XL, 1949, p. 240 ; *The exact sciences in Antiquity*, 2e éd., Providence, Brown Univ. Press, 1957. — G. V. SCHIAPARELLI, *Scritti sulla storia della astronomia antica*, I, Bologne, 1925. — P. TANNERY, *Recherches sur l'histoire de l'astronomie ancienne*, Paris, 1893. — B. L. VAN DER WAERDEN, *Die Astronomie der Pythagoreer*, Amsterdam, 1951.

الجغرافيا الرياضية

R. ALMAGIÀ, La conoscenza del fenomeno delle maree nell'antichità, *Arch. int. Hist. des sci.*, t. II, 1949, p. 887. — L. BAGROW, *Geschichte der Kartographie*, Berlin, 1951. — H. BERGER, *Geschichte der wissenschaftlichen Erdkunde der Griechen*, 2e éd., Leipzig, 1903. — E. H. BUNBURY, *A history of ancient geography among the Greeks and the Romans*, 2e éd., New York, 1959. — A. DILLER, The ancient measurement of the earth, *Isis*, t. XL, 1949, p. 6. — J. O. THOMSON, *History of ancient geography*, Cambridge, 1948. — H. F. TOZER, *History of ancient geography*, Cambridge, 2e éd., 1935.

العلوم الفيزيائية

M. BERTHELOT, *Collection des anciens alchimistes grecs*, 4 vol., Paris, 1888. — P. DIEPGEN, *Das Elixir*, Ingelheim-am-Rhein, 1951. — E. J. DIJKSTERHUIS, *Archimedes*, Copenhague, 1956, trad. anglaise. — A. G. DRACHMANN, *Ktesibius, Philon and Heron*, Copenhague, 1948. — P. DUHEM, *Les origines de la statique*, 2 vol., Paris, 1905-1906. — A. M. J. FESTUGIÈRE, *La Révélation de l'Hermès Trismégiste*. I : *L'astrologie et les sciences occultes*, Paris, 1944. —

O. Gilbert, *Die meteorologischen Theorien des griechischen Altertums*, Leipzig, 1907. — Héron, *Les Mécaniques*, trad. française Carra de Vaux, Paris, 1894. — E. O. von Lippmann, *Entstehung und Ausbreitung der Alchimie*, 3 vol., Berlin-Weinheim, 1919-1954. — E. Mach, *Die Mechanik in ihrer Entwiklung historisch-kritisch dargestellt*, trad. française E. Bertrand, Paris, 1904. — S. Mahdilassan, Alchemy and its connection with astrology, pharmacy, magic and metallurgy, *Janus*, t. XLVI, 1957, p. 81. — C. Pla, *El enigma de la luz*, Buenos Aires, 1949. — V. Ronchi, *Histoire de la lumière*, trad. française, Paris, 1956. — S. Sambursky, *Physics of the Stoics*, Londres, 1959 ; *The physical world of late antiquity*, New York, 1962. — H. E. Stapleton, The antiquity of alchemy, *Ambix*, V, 1953, p. 1. — H. Strohm, Theophrast und Poseidonios, *Hermes*, t. LXXXI, 1953, p. 278. — L. Thorndike, *A history of magic and experimental science during the first thirteen centuries of our era*, 2 vol., New York, 1923. — M. Wellmann, Der Physiologos, *Philologus*, Suppl. Bd. XXII, 1, Leipzig, 1930 ; Die Φυσικά des Bolos Demokritos und des Magier Anaxilaos aus Larissa, Teil I, *Abhdlg. der preuss. Akad. der Wiss. in Berlin*, Phil.-Hist. Kl., 1928, nº 7, Berlin, 1928.

العلوم البيولوجية

W. E. Muehlmann, *Geschichte der Anthropologie*, Bonn, 1948. — C. Nissen, *Die botanische Buchillustration...*, Stuttgart, 1951. — G. Petit et J. Théodoridès, *Histoire de la zoologie des origines à Linné*, Paris, 1962. — G. Senn, *Die Entwicklung der biologischen Forschungsmethod in der Antik*, Aarau, 1933. — E. E. Sikes, *The anthropology of the Greeks*, Londres, 1914. — Ch. Singer, *Histoire de la biologie*, Paris, 1934. — M. M. Thomson, *Textes grecs inédits relatifs aux plantes*, Paris, 1955.

الطب

A. Castiglioni, *Storia della medicina*, 2 vol., Vérone, 1948. — G. Bjoerck, *Apsyrtus, Julius Anicanus et l'hippiatrique grecque*, Upsal, 1944. — H. Deichgraeber, *Die griechische Empirikerschule*, Berlin, 1930. — M. Laignel-Lavastine, *Histoire générale de la médecine...*, 3 vol., Paris, 1936-1949. — E. Leclainche, *Histoire de la médecine vétérinaire*, Toulouse, 1936. — M. Neuburger, *Geschichte der Medizin*, 2 vol., Stuttgart, 1906-1911. — Ch. Singer, *Greek biology and Greek medicine*, Oxford, 1922. — G. Sarton, *Galen of Pergamon*, Univ. of Kansas, 1954.

القسم الثالث
القرون الوسطى

القسمان الأولان من هذا الكتاب اتاحا لنا ان نحدد موقع ولادة وتطور العلم داخل الحضارات التي ساهمت، حتى القرون الأولى من عصرنا ، في ولادة العلم وتقدمه بفعالية : وهي حضارة الشرق الأوسط والهند والصين والعالم الاغريقي الروماني .

وهذا القسم الثالث مكرس في معظمه للحقبة الممتدة من القرون الأولى للعصر المسيحي حتى منتصف القرن الخامس عشر . وهو يقسم الى فصول بحسب اهم الحضارات التي عرفت تطوراً علمياً مستقلاً ولو جزئياً على الأقل خلال هذه الحقبة الطويلة . تلك هي اولاً حال اميركا ما قبل كولومبوس التي يرتبط تقديمها الأصيل - الذي يصعب تحديد بداياته - بها في معظمه ؛ اما نهاية هذا التقديم فانها تقع بدقة بتاريخ اكتشاف القارة الأميركية من قبل الغربيين في آخر القرن الخامس عشر .

وذلك ايضاًهو حال العلم العربي الذي تقع حقبة نهوضه السريع وازدهاره بين القرن الثامن والقرن الخامس عشر . وذلك هو ايضاً حال العلم البيزنطي الذي اكمل في القرن السادس مسيرة التراث الهليني في امبراطورية الشرق ، والذي سقط سنة 1453 مع سقوط القسطنطينية . اما الحضارات الأخرى التي ندرس تقديمها العلمي ايضاً في هذا القسم وهي :. الهند والصين والعالم السلافي والغرب الأوروبي ، فان بعض التواريخ التي اخترناها لتعيين حدود هذا الدرس ربما تكون مدلولاتها اقل دقة . وهي ، اي هذه التواريخ تتطابق مع مراحل واضحة نوعاً ما . من ذلك ، بالنسبة الى الهند ، ان الحقبة المدروسة تبدأ في القرن التاسع مع الفتوحات الاسلامية التي غيرت الازدهار الطبيعي للثقافة الهندية ، لكي تنتهي في القرن الخامس عشر ، وهي لحظة ابتدأ فيها تحجر العلم ، وتوقف عملياً عن كل تطور اصيل . وفي الصين انطلقت الحقبةالمدروسة من الاستيلاء على العواصم من قبل البرابرة في مطلع القرن الثالث ، لكي تنتهي في آخر القرن الخامس عشر ، قبل مجيء المبشرين الأوائل الذين جلبوا معهم عناصر العلم الغربي .

وفي الغرب المسيحي امتدت هذه الحقبة من غزو البرابرة في القرن الخامس الى سنة 1450 . ويمكن ان تقسم ، كما سنرى ، الى اربع حقبات رئيسية : القرون الوسطى العليا ، وتتميز بمستوى متدنٍ

في الدراسات العلمية ؛ حقبة القرنين 11 و 12 ، حيث دخل العلم الاسلامي الى الغرب فايقظ نهضة ملحوظة في المعارف العلمية ؛ ثم حقبة القرن الثالث عشر والرابع عشر حين تكون العلم المدرسي الوسيطي وازدهر ؛ واخيراً القرون الوسطى السفلى ، اي النصف الأول من القرن الخامس عشر وهي حُقْبةُ تراجع العِلمِ المدرسي ، حيث سعى العلم الى الاندماج بشكل اكثر فعالية في الحياة العملية وحيث ظهرت الاشارات الأولى لتحول اخذ يتسارع في الحقبة التالية (نهاية القرن الخامس عشر والسادس عشر) ليؤدي في القرن السابع عشر ، الى ولادة العلم الحديث .

والخطة التي اتبعناها هي بآن واحد تسلسلية تاريخية وجُغرافية . وهي في نهجها التسلسلي لا يمكنها بالتأكيد ان تنبيء عن كل التفاعلات التي حصلت ، بخلال هذه الحقبة ، بين علوم الحضارات المختلفة . واهم هذه التأثيرات هو بلا شك تأثير العلم العربي الذي وجه ايضاً تطور العلم الهندي كما ايقظ العلم الغربي . ولكن العلم العبري ، وبشكل غير مباشر ، العلم البيزنطي والعلم الصيني ، قد أثرت كلها ايضاً بهذا التجدد في الدراسات العلمية في الغرب .

وتعددية هذه التفسيرات ، تتغطى جزئياً بفعل التقسيم الضروري الى فصول . وإذاً من الضروري ، لفهم افضل لتطور هذا العلم الوسيطي ، اعتبار هذا القسم ككلٍ واحداً لا يمكن لتقسيماته الاّ ان تكون مصطنعة الى حد ما .

وحده الفصل المتعلق بعلم الشعوب الاميركية التي سبقت مجيء كولومبوس Amérique pré-colombienne هو من الناحية العملية ، بدون رابط مع الفصول الأخرى التي يتألف منها هذا القسم . وهذا الفصل وان غطى حقبة واسعة جداً ، اوسع من بقية الفصول ، فإنا قد وضعناه في هذا الاطار التاريخي ، لأن العلم الذي درسه كان حياً تماماً في تلك الحقبة ، وسوف يلغى عملياً في القرن السادس عشر بفعل الاستيلاء الأوروبي ، في حين ان اكتشاف اميركا ، وبنوع من التعويض ، سوف يفتح امام العلم الأوروبي آفاقاً جديدة .

وسوف تنعكس البنية المعقدة نوعاً ما لتاريخ العلوم بخلال هذه الحقبة ، هكذا ، على خطة هذا القسم الذي عنوانه العام : « القرون الوسطى » ، هذا إذا لم تؤخذ ضمن معنى دقيق جداً . إن هذه البنية تتطابق مع واقع ان هذه الحقبة ، بالنسبة الى غالبية الحضارات ، هي المرحلة القصوى التي مهدت لتطور العلم الحديث ، وهو علم شامل ، أمامه سوف تتهاوى الحدود بصورة تدريجية .

الفصل الاول
العلم عند الشعوب في اميركا
ما قبل كولومب [كولومبوس]

كانت القارة الاميركية عند اكتشافها من قبل كولومبوس colomb مأهولة بعدد من الشعوب ، كان اكثرها تأخراً في مرحلة العصر الحجري الجديد . في حين ان الشعوب الأكثر تطوراً وصلت الى مستوى حضاري شبيه بمستوى بدايات الامبراطورية المصرية القديمة . ويكون من العبث اسناد نشاط علمي الى كل هذه المجموعات البشرية ، لأن غالبيتها العظمى كانت توجه اهتماماتها الفكرية نحو المسائل التقنية أو الدينية ، رغم ذلك فقد كانت القبائل الأكثر توحشاً تمتلك معارف عملية لا يستهان بها .

I ـ معرفة العالم الحي واستخدامه

عالم النبات : انه ، بشكل خاص ، استعمال بعض الموارد الطبيعية بشكل ذكي ، هو ما توصل اليه هنود اميركا ، في معظمهم والذي اخذ يدل ، ـ قبل العصر المسيحي بكثير ـ على كفاءاتهم كملاحظين وكمجربين . نذكر في بادىء الأمر البراعات التي حققوها في تدجين النباتات البرية . وفي هذا المجال ، قدموا مساهمة اساسية للحضارة العالمية بواسطة البطاطا والذرة ونبتة المانيوهوت ، والفاصوليا والبندورة والاناناس الخ .

ولن نكثر بشأن العديد من المهيجات أو المخدرات التي كانوا يستعملونها (مثل الكوكا coca والتبغ tabac والكاكاو cacao والبيوتل peyotl والمتى maté ، والداتورا datura وغيرها الكثير) ، ولكن يتوجب ان نركز على غنى معارفهم الطبية . في القرن السادس ارسل « فيليب الثاني » ملك اسبانيا طبيباً شهيراً وعالماً طبيعياً هو فرنسيسكو هرننديز Francisco Hernandez ، ليغني معارفه لدى المطببين الوطنيين في المكسيك .

وفي البيرو وغيرها حيث لم يحصل مثل هذا التحقيق ، لدينا اسباب تحملنا على التفكير بانه ربما كان القيام به مفيداً ايضاً . إذ بالفعل ، نحن نعلم ان جملة من العلاجات النباتية كانت معروفة في مختلف انحاء العالم الجديد ، وان العديد منها كان فعّالاً حقاً : مثل المقيئات ، والمسهلات ، والمدرات للبول ، والقاتلات للدود ومضادات الزحار ، والمعرقات والمجهضات ، ومضادات الحميات ،

والمسكنات . . . الخ . ومن بين العلاجات التي دُرِستْ خصائصها من قبل الفيزيولوجيين العصريين نشير الى : الإيبكا l'ipéca ، معرق ، والى الجلاب jalap مسهل والى الايبازوط l'epazote (ستينو بوديوم امبرو زود . ل Chenopldum ambrosiaides L) ، ضد الدود ، ثم سوهاباتلي cihuapatli (مونتانا تومانتوزا) (Montanoa tomentosa, Cerv.) مسهل للولادة ، وعطر الطولي Tolu منخم ؛ ثم عطور البيرو Pérou والكوباهي copahu ، مضمد للجروح. وفيما خص العمليات الجراحية ، نجح الهنود الحمر في بتر الأطراف ، وثقب العظام وحتى ، في المكسيك ، في تقطيع الجنين لاخراجه .

وهناك اكتشافات اخرى اميركية ـ هندية يمكن ذكرها في مجالات قريبة . فقد كانت بعض القبائل الامازونية ، مثلاً ، تحضر سماً مشلاً شديد الفعالية هو الكورار Curare ، انطلاقاً من نبتات من فئة ستريكنوس Strychnos وكان هذا السم ، قد أوجد من اجل اسهم السربكان Sarbacanes ، وقد استعمل لعدة غ ايات طبية في مجال التخدير . وتنطلق صناعتنا الحديثة حول المطاط من اكتشاف عثر عليه الهنود الحمر لكي يستخدموا هذه المادة في صنع طابات فارغة ولصنع طابات للحقن ولصنع مضارب للطبول الكبيرة للعزف . ومن البيرو حتى المكسيك ، كانت شعوب كثيرة تعرف كيف « تلوّن » مزيج الذهب والنحاس وذلك بمعالجة سطح المعدن بالنار وبالنسغ الآسيدي لبعض النباتات وبخاصة نبتة اوكسالي بوبسنس Oxalis pubescens H.B.K. .

العَالَم الحيواني : فيما خصّ البيولوجيا الحيوانية ، عرف سكان العالم الجديد بنجاح كيف يدجنون الديك الهندي dindon ، واللآما lama والفيكونا vigogne (جنس من اللآما) والكوبي Cobaye ، وكان المكسيكيون يعرفون كيف يربون الحيوان الصغير « كوكو اكسين » Coccus axin وكانوا يستخرجون منه نوعاً من اللك laque ، اما الكوشنيل Cochenille الذي كانوا يربونه بعناية فائقة فكان يعطيهم ملوناً احمراً رائعاً استخدمته اوروبا بحماس حتى منتصف القرن 19 . واخيراً ادهشت بعض قبائل غويانا Guyanes وبلاد الأمازون علماء الطبيعة بمهارتهم في عملية « التلوين » أو التبيراج tapirage ، وهي عملية بواسطتهاكانوا يغيرون لون ريش الطيور الحية ، بفضل نظام غذائي معين مع رش الجلد ببعض المواد المعينة .

والواقع ، ان حب المعرفة عند سكان اميركا الأصليين بالنسبة الى الكائنات الحية كان عظيماً جداً الى درجة ان دولهم الأكثر قوة وهي دولة الاستيك Aztèques ، كانت تربي بساتين طبية وحضائر زيولوجية . وعلى كلٍ من المبالغ فيه الظن بأن الهنود الحمر قد استفادوا من كل الموارد التي وضعتها الطبيعة تحت ايديهم . من ذلك انه قد لوحظ كثيراً ان سكان البيرو الأقدمين لم يعرفوا الافادة من الخصائص الشافية من الحمى في الكينا quinquina .

II ـ الترقيم وعلم الفلك

تشكل ممارسة الرياضيات وعلم الفلك مرحلة اعلى في النشاط الفكري ؛ وقلّما يؤمل بالعثور

عليها في اميركا ما قبل كولومبس Amerique precolombienne ، إلا لدى الشعوب المتحضرة من امبراطورية انكا Inca ، وفي المنطقة الاميركية الميزاوية .

امبراطورية انكا : امتدت امبراطورية انكا من الاكوادور حتى شمال شيلي والشمال الغربي من الارجنتين ، فتجاوزت المكسيك في مجال التقنيات والتنظيم الاجتماعي . ولكن في المجال الفكري كان سكان البيرو ادنى مستوى بفعل جهلهم باي نوع من انواع الكتابة . ورغم اهتمامهم بالنجوم ، التي كانت تلعب دوراً اساسياً في دينهم ، يبدو انهم لم يقوموا برصدها أو بعمليات حسابية متقدمة حولها . انما يجدر التذكر بان عدم كفاية مستنداتنا تحملنا على التقليل من حضارة الانكا . رغم اننا نعرف ان الانكا قد بنوا معايير عند خط الافق في كوزكو Cuzco ، لكي يرصدوا نقط بزوغ وغروب الشمس . ولكن نتائج هذه الرصودات لم تصل الينا . وكان لسكان البيرو نظام عددي عشري وكانوا يدونون نتائج حساباتهم فوق كيبوس quipus أو فوق صفائح ذات عقد وكانت قبور المنطقة الشاطئية الجافة قد قدمت العديد من الكيبوسات quipus . ولكن هذه الملحقات المقوية للذاكرة لا تفيدنا افادة محددة ، نتيجة عدم وجود شرح شفوي كان في الماضي يعطيها قيمتها . وبتحليل بعض هذه « الكيبوسات » ظن آرلان نوردن كيولد Erland Nordenskiöld انه عثر على حسابات للأيام بعضها يعود الى سنة شمسية من 365 يوماً وبعضها الآخر الى الدوران الاقتراني Synodiques لفينوس ومارس وجوبيتر . ولكن هذه الفرضيات المغرية مع الأسف بنيت على اسس واهية . ومن الأفضل الاعتراف ، بانه نظراً لانعدام المستندات التاريخية الكافية فاننا لا نستطيع اعطاء علم سكان البيرو القدماء حقه .

المنطقة الميزو ـ اميركية : (اي اميركا الوسطى): ان المساحة الثقافية الميزو ـ اميركية méso - americaine تتضمن اساساً غواتيمالا والنصف الأوسط من المكسيك الحالية . وهذه المنطقة لم تتحد سياسياً على الاطلاق . وفيها عدة لغات متنوعة ، ونظراً لاحتياجات التوضيح ، يمكن قسمتها بشكل عام الى قسمين يفصل بينهما برزخ توانتيبيك Tehuantepec : ومنطقة امبراطورية ازتيك Aztèque في الغرب ، ومنطقة شعوب المايا Mayas في الشرق .

ورغم التنوع فإن المساحة الثقافية الميزو ـ اميركية meso - américaine لها اساس مشترك مهم في الحضارة التي تبدو وكأنها قد تكونت اصلاً في منطقة المايا maya . واحد عناصر هذا الأساس المشترك هو استعمال المخطوطات المسمارية والهيروغليفية المصورة على جلد أو على ورق مصنوع من قشر الاشجار المرقق. وهناك عنصر آخر مشترك ومشهور هو نظام التعداد الفيجيسيمالي Vigésima l ، وكان يدون مبدئياً بفضل اشارات متنوعة بالنسبة إلى الوحدات وإلى العشرينات وإلى المجموعات من اربعمئة : 400 (20 × 20) ومن 8000 (20 × 400) الخ . وهناك عنصر آخر مشترك واساسي هو حساب الزمن بفضل نظام معقد جداً ، يمزج الروزنامة الطقوسية مع روزنامة تنبؤية . وكانت الروزنامة الطقوسية مؤلفة من سنة مبهمة من 365 يوماً تقسم الى 18 شهراً كل شهر 20 يوماً يضاف اليها خمسة ايام اضافية . اما الروزنامة التنبؤية فهي دورة كيفية من 260 يوماً تتألف بمزج 20 اشارة و13

رقماً ، وكل يوم يتحدد باشارة وبرقم :

وهكذا يحصل لدينا سلسلة من الأيام من النمط التالي :

1A 2B 3C 4D 5E 6F 7G 8H 9I 10J 11K 12L 13M
1N 2O 3P 4Q 5R 6S 7T 8A 9B 10C 11D 12E 13F
1G 2H 3I 4J .. الخ

وفي مزج الروزنامتين ، ولما كان 365 يوماً مقسومة على 20 تبقي باقياً هو 5 ، فلا يوجد إلاّ 4 ، من 20 إشارة ايام يمكن أن تدل على يوم السنة . فضلاًعن ذلك ولما كانت قسمة 365 على13 تعطي باقياًهو 1 فإن كل واحد من الـ13عدداً يمكن أن يدل على يوم السنة وكل يوم من السنة له عدد اعلى بوحدة من اليوم من السنة السابقة . وإذاً وبعد نهاية 52سنة نعثر على سنة يكون يومها الأخير موسوماً بنفس الإشاره وبنفس العدد . وكان الازتيك Aztèques يسمون هذه الدورة من 52 سنة « ضمة من السنوات » ويسمون دورتين من هذه الدورات حقبة 104 سنوات وتسمى « شيخوخة » .

وفي موضوع علم الفلك اهتمت شعوب ميزو ـ اميركا meso - américains بمدة السنة الشمسية الاستوائية ، وبالشهر القمري الاقتراني ، وبالدورة الفينوسية . ولا يوجد لدينا دليل على انهم عرفوا هوية الكواكب الأخرى الرئيسية ، ولا حسبوا حركاتها . ولم يكن لديهم اية فكرة صحيحة عن دوران الأرض وفينوس حول الشمس . نحن نعرف ان بعضهم على الأقل كان يعلق اهمية خاصة على النجم الديبيران (توري) Aldebaran Tauri α وكذلك بالنجم اوريون Orion وبالثريا Pléiades ، ولكننا لا نملك توضيحات حول هذه النقطة . كان هؤلاء الهنود يعطون لتقسيمات الوقت قيمة صوفية . وكانت النجوم بالنسبة اليهم مهمة من الناحية الدينية والطقوسية والتنجيمية والزراعية .

واحتفظت لنا مخطوطات من عصر ما قبل كولومب صورة الكاهن المنجم الوطني وهو مقرفص في معبد وعينه وراء فجوة ثابتة يرصد على ما يبدو النقطة الدقيقة التي يبزغ فيها نجم أو يغيب عند الأفق . وفي بعض الأحيان كانت بعض المعالم المصطنعة تسهل هذه العملية . وهكذا في المدينة القديمة اكساكتون Uaxactun ، كان هناك هرم في مواجهة الشمس الصاعدة ، وكان امامه معبد وسطه يحدد خط الاعتدالين ، كما كان هناك بناءان آخران تدل زواياهما على خطوط الانقلابات المدارية .

وفي شيشن ايتزا Chichen Itza ، كان هناك برج مدور ، نصفه مهدوم للاسف ، وكان يستعمل كمرصد . وكانت جدرانه السميكة جداً مثقوبة بفتحات ضيقة كانت اطرافها الداخلية والخارجية تحدد الاتجاهات المهمة : الجنوب بحق ، والغرب بحق ، واتجاه افول القمر عند اقصى حدود ميله . ولم يكن لديهم ساعات لقياس الوقت بدقة ولذا بدا الهنود الحمر يجمعون ويراكمون الملاحظات ذاكرين المدة بالأيام لعدد كبير من الحقب ، وكانوا يبحثون فيما بعد من اجل حساب المعدل الوسطي الأكثر دقة ما امكن .

وعندما وضعوا ، قبل العصر المسيحي ، نظام الروزنامة ، الذي تكلمنا عنه سابقاً ، كان عند الهنود من اميركا الوسطى تقدير عام للسنة الشمسية مقداره 365 يوماً ، اما دورة فينوس فكانت 584 يوماً . وبهذا الشأن تذكر بعض المستندات عن احتفالات كانت تكرر كل ثماني سنوات ، واحتفالات تكرر كل 104 سنوات . وكان الهدف من هذه الطقوس في الأصل الاحتفال بتطابق الدورة الشمسية ، ودورة فينوس بحسب المبدأ التالي :

8 سنوات شمسية من 365 يوماً = 5 دورات فينوسية من 584 يوماً .

104 سنوات شمسية من 365 يوماً = 65 دورة فينوسية من 584 يوماً .

وفي ما بعد تحقق الهنود الحمر من وجود فرق متزايد بين روزنامتهم والظاهرات التي كان يفترض بهذه الروزنامة ان تسجل وتيرتها . وبعد ان اقتنعوا بذلك لم يبحثوا ، عن تصحيح روزنامتهم التي كانت دوراتها المقدسة قد استمرت في الدوران بشكل جامد ، دون عبرة بالنظر الى الفصول ولا الى الاشراق الشمسي لفينوس . بل استمروا في توضيح رصوداتهم وحساباتهم حتى يتمكنوا من تقدير الفرق في المستقبل واحياناً في الماضي .

ويبدو ان مختلف الشعوب في منطقة امبراطورية « ازتيك » كانوا يقومون بحسابات من هذا النوع . ولكن نتائج اعمالهم لم تصل الينا . والعادات المحلية في وادي مكسيكو وصفت لنا بالتفصيل في مختلف الكتب عن بدايات الاستعمار الاسباني . ولكن هذه المستندات تتضمن القليل من المعطيات المتعلقة بالحسابات الفلكية التي كانت ممارستها سرية خفية . وبعض المخطوطات الازتيكية او التي تتكلم عن الازتيك والتي بقيت لنا من الحقبة السابقة على كولومب لا تخبرنا اكثر من ذلك .

في مناطق المايا ، بالعكس تتوفر لدينا معلومات غزيرة ، ولكنها للأسف قليلة الانسجام وصعبة التفسير . واقدمها هي مدونات على الحجر (ونادراً على الخشب أو على الجص) تعود الى الحقبة المسماة الامبراطورية القديمة ، اي الى القرن الرابع حتى القرن التاسع من عصرنا تقريباً . ويعود تاريخ « كودكس درسد » Codex de Dresde وهو مخطوط ثمين محشو بالمعلومات الروزنامية والفلكية الى القرن الثامن عشر ربما . ولكنه يعتبر النسخة المعدلة من مستند اقدم يعود تاريخه الى « الامبراطورية القديمة » . والحقبة التالية المسماة « الامبراطورية الجديدة » لم تدون محفورات تدل على التواريخ ، بل ان قسماً من تراثها نقل الينا بشكل متخلف ضمن مستندات من العصر الكولونيالي مكتوبة بالحروف الاسبانية . اما اليوم فالروزنامة الوطنية قد نسيت من قبل قبائل المايا Mayas الساكنة في الأراضي الواطية والتي أعطانا اجدادها كل معارفنا القديمة تقريباً . ولكن هذه الروزنامة ما تزال تعيش لدى شعوب المايا القاطنة في جبال الجنوب ، انما بشكلها المشوه جداً الذي قلما يقدم بعض المعطيات القابلة للمقارنة .

ويوجد انواع مختلفة من هذه المستندات التي تعود الى ازمنة والى مصادر متنوعة . فضلاً عن ذلك كانت كل التدوينات السابقة على وصول الاسبانيين قد كتبت بالهيروغليفية التي تدون الأفكار (اديوغرافي) التي يصعب حل رموزها . والابيغرافيا [علم النقوش] عند قبائل المايا لم يعثر لها على

« حجر روزيت » . ويتوجب ان يكتفي بشأنها بعدة صفحات كتبت في القرن السادس عشر من قبل مبشر اسباني ، كانت معلموه من الوطنيين المثقفين . ولكنه لم يفهم دائماً شروحاتهم . وانطلاقاً من هذا الأساس غير الكافي ، توصل المتخصصون الى فك اساس رموز النصوص القديمة الماوية . ما يتعلق منها فقط بالروزنامة وبحساب الوقت . ولكن تجاهل القرينة أو السياق العام ودقائق الرمزية الدينية تجعل بعض الشروحات دقيقة . ثم ان النقاط المختلف بشأنها ما تزال كثيرة .

الترقيم وحساب الزمن عند المايا القدماء : نستطيع قبل كل شيء ان نقرأ معطيات عددية في هذه النصوص . كان القدماء من شعوب المايا يعرفون التعامل مع الأرقام المرتفعة ، وهذا ربما تأتى من عادتهم استعمال حبوب الكاكاو cacao كعملة ذات قيمة بسيطة . ومن البديهي ، في الحياة العادية ، ان يعدو اشياء من كل نوع . ولكن يبدو ان اي عدد من اعدادهم المكتوبة فوق ابنيتهم أو في مخطوطاتهم لا يمكن ان يتعلق بشيء غير حساب الزمن . وفي اغلب الأحيان ، كان الوقت يقدر بين تاريخ اقدم وتاريخ احدث : والاستثناءات كان يدل عليها باشارة خاصة في المخطوطات وليس في المنحوتات .

وكان سكان المايا في « الامبراطوريةالقديمة » يرجعون ، من اجل تحديد تواريخهم ، الى تاريخ اساسي هو 4 آهو 4 Ahau و 8 كومكو 8 cumku ، وهذا التاريخ يضعه المتخصصون عموماً حوالى 12 آب 3113 ق . م . وانطلاقاً من « الامبراطورية الجديدة » لم يعد هذا التاريخ الأساسي معتمداً ، الا في « كودكس درسد » «Codex de Dresde» وهو مستند قديم جداً .

وتقدر المدونات التاريخية الماوية الزمن العابر بالايام أو الكنس (Kinx) ، وبالوينال uinals (20 يوماً) وبالتون Tuns (18وينال اي 360يوماً) ، والكاتون katuns(20تون تساوي 7200يوماً ،) والباكتون Baktuns (20كاتون = 400تون) والبيكتون pictuns(20باكتون = 8000تون) والكالابتون calabtuns (20بيكتون = 160000تون) والكنشل تون Kinchiltuns(20كالابتون = 3200000) ثم الالوتون alautuns (20كينشيل تون = 64مليون تون) . انه نظام فيجيسيمالي -vigésimal خاص وحدته هي التون . اما الايام والاوينال uinalsفليست إلّا اجزاء من التون .

واستعمال وحداتهم الزمنية الأكثر ارتفاعاً حملت رجال المايا الى ابعد حدود التجربة البشرية المباشرة . ونحن لا نعرف بالتأكيد لماذا مثلاً تحمل مسلة في كيريغا Quirigua تدويناً يشير الى حقبة ماضية من خمسة آلوتون alautuns (اي اكثر من ثلاث مئة مليون سنة) مع الاشارة الدقيقة الى ايام البداية وايام النهاية في هذه الحقبة ، تجانساً مع الروزنامة الطقوسية والروزنامة التكهنية . ويرى ج . ي . تومسون J.E.Thompson الذي ذكر هذا التاريخ ، ان الكهان الفلكيين الذين سبح خيالهم في مثل هذه المسافات في الماضي يجب ان يكونوا قد توصلوا الى تصور فكرة الزمن اللامتناهي واللامحدود .

والنصوص اللاحقة للفتح ، والمكتوبة بحروف لاتينية لا تذكر هذه الوحدات الزمنية العالية جداً . والاسماء التي ذكرت اعلاه ، سنداً الى الباكتون baktun من المفترض انها اعيد تكوينها من قبل العلماء العالمين بالنقوش ، بالصاق كلمة تون بالاسماء المتنوعة للاعداد المتناسبة

160000,8000,400الخ) سنداً لنظام استعملوه لتشكيل كلمة خاتون Katun (وهي تقلص لكلمة كالتون = 20 تون) . ولكن هذه الوحدات استعملت في مخطوط درست Dresdeوفي المنقوشات وقيمتها العددية تبين بموقعها في السلسلة .

وفي تواريخ « الامبراطورية القديمة » المحسوبة انطلاقاً من النقطة الأساسية 4 آهو ahau و 8 كونكو cunku ، تكتب الوحدات الزمنية المتنوعة او تحفر بترتيب متنازل ، ابتداء من الأعداد العليا . اما اسم كل وحدة فيدون دائماً بحرفها الهيروغليفي ، وبقرب هذا الاسم حفر رقم . وبالمقابل ، وضمن نفس المنحوتات ، حفرت الحقب التي لا تنطلق من النقطة الأساسية 4 آهو و 8 كونكو ، مع وحدات الزمن المصفوفة بترتيب متصاعد : وكل إشكال مستبعد لأن اسم كل وحدة مرموز اليه دائماً بحرفه الهيروغليفي .

وفي كودكس درسد Codex de Dresde ، تدون وحدات الزمن دائماً بالترتيب المتنازل فوق عامود واحد ، ابتداءً من الأعلى بالرقم الأعلى . وهذا الترتيب الذي لا يتغير يجنب كل التباس . وقد وجد الكاتب انه من غير المفيد التعبير عن الحروف الهيروغليفية لمختلف الوحدات الزمنية ، واكتفى بكتابة العدد المقابل لكل منها في مكانه الصحيح . مثلاً : حقبة من 8 باكتون Baktuns ، و 18 كاتون Katuns ، و 13 تون tuns و 5 اونال uinals و 11 كين Kins (أي 3573 تون و 5 اونال و 11 كين اي 1286390 يوماً) تدون ببساطة بـ 5 أحرف مصفوفة كعامود ، والرقم الأعلى يعود الى الباكتون Baktuns . والأرقام تكتب بواسطة نقط وخطوط ، وفقاً لنظام التدوين الماوي حيث تمثل النقطة الوحدة والخط يمثل 5 وحدات . وهكذا يكون لدينا نظام يذكر بترقيمنا الحديث حيث ترتدي الأرقام قيماً مختلفة بحسب مواقعها :

9	(باكتون ، من 20 كاتون)	8
8	(كاتون ، من 20 تون)	18
(0)	(تون ، من 18 اونال)	13
(0)	(اونال ، من 20 كين)	5
(0)	(كين ، أو ايام) .	11
مدة 1353600 يوماً		مدة 1286391 يوماً

في هذه السلاسل من الأعداد حيث تكتب وحدات الزمن بالترتيب المتناقص (بدون او مع هيروغليفة خاصة) . كثيراً ما يحدث ان تُمثل الوحدات الأخيرة باشارة بدون ترقيم . وهذه الاشارة أولت ، على العموم خطأ وكأنها تمثل قيمة « الصفر » .

وهكذا نحصل من قراءة النموذج التالي : 9 باكتون ، 8 كاتون ، صفر تون ، وصفر اونال صفر كين ، وهذا ما يدونه المتخصصون على الشكل التالي : .9.8.0.0.0 . ولكن المايا كانوا يحسبون الزمن الحاصل الماضي . فبالنسبة اليهم تعطي الايام العشرون الماضية المجال لتدوين 1 اونال زيادة ، و 18 اونال ماضية تعطي 1 تون زيادة و 20 تون ماضية تعطي 1 كاتون بزيادة . الخ . هذا ما بينه ج . ي طومسون J.E.Thompson عندما اثبت ان « الرسمة صفر » «glyphe Zéro» المزعومة تعني في

الواقع انتهاء (امكانات الحساب لوحدة من الزمن معينة) . وهكذا تعني الصيغة التي دونها علماء الآثار 9.8.0.0.0. ، بالنسبة الى الهنود الحمر ان 9 باكتون و 8 كاتون (أي 3600 تون أو يوماً 1.353600) قد مضت منذ بداية عصرهم ، وان كمية التون والأونال والكين الضرورية لاكمال الثمانية والكاتون الأخرة قد مضى .

وإذاً يجب الاقلاع عن اعطاء المايا القدماء مجد اكتشاف المفهوم المجرد للصفر .

كان المايا يستعملون احياناً رسيمة خاصة لتمثيل نهاية واكتمال نصف وحدة من الزمن ، ولكن فيما عدا ذلك يبدو انهم لم يعرفوا فكرة الكسور . وكما قال ج . ي . طومسون J.E.Thompson انهم اسسوا فلسفتهم الاعدادية ، لا على استعمال الكسور ، بل على البحث عن اصغر ضارب مشترك بين حقبتين او عدة حقب . وكانت هذه الحقب تحسب بالايام نظراً لعدم وجود وسائل عملية لحساب الوحدات الزمنية الاقصر .

حساب بعض الحقب الفلكية : وبفضل رصوداتهم الفلكية المتتالية عبر العصور ، وبفضل نظامهم في الكتابة ، وبفضل اسلوبهم في البحث عن اصغر ضارب مشترك كان المايا ويون من « الامبراطورية القديمة » ، قد توصلوا الى دقة مدهشة في حساب بعض الحقبات الفلكية ، وفي مطابقة هذه الحقب مع الدورات المنتظمة والكيفية في روزنامتهم . وفي دراسة قوية التعبير ، بينّ ل . ستاترويت L.Satterthwaite بان الكهّان الوطنيين استطاعوا الوصول الى هذه النتائج المدهشة باستعمال الطرق الحسابية البسيطة نوعاً ما .

الدوران الاقتراني للقمر : منذ اقدم المنحوتات بدت تواريخ المايا مستكملة بتقدير للعمر القمري أي لعدد الأيام الماضية منذ بزوغ القمر الجديد . وهذه هي العلامات الاضافية C.D. et E التي درسها ج . ي . تيبل J.E.Teeple . من هذا العدد الكبير من الرصائد المدونة ، استنتج كهّان مدينة بالينك Palenque ، منذ القرن السابع بعد الميلاد ان 81 هلة (او دورة اقترانية للقمر) تساوي 2392 يوماً ، واستعملوا هذا التقدير لتخمين العمر الذي بلغه القمر في التواريخ القديمة من الماضي .

وان نحن افترضنا ان 81 هلة = 2392يوماً نحصل بعد القسمة ، على هلة واحدة = 29,53086 يوماً مما يمثل خطأً بسيطاً بالزيادة ، بالنسبة الى مدة الهلة الحقيقية الوسطى والبالغة : 29,53059 يوماً .

وتدل التدوينات انه ، بخلال النصف الأول من القرن الثامن ، سادت تقديرات اخرى ، اجريت على ما يبدو في مدينة كوبان Copan وبموجبها 149 هلة = 4400 يوماً . ونستنتج منها ان الهلة = 29,53020 يوماً وهذا يمثل خطأً بسيطاً بالنقصان . وهذا التقدير قد ترك فيما بعد ، وتمت العودة الى تقدير « بالينك » الذي يختلف قليلاً عن المتوسط الحقيقي الذي توصلت اليه الدراسات الفلكية الحديثة .

جدول الكسوفات : يتضمن كودكس درسد Codex de Dresde (ص 51 ـ 58) جدولاً بتواريخ تمتد الى اكثر من 32 سنة ويتضمن 405 هلات متتالية اي 5 مرات حقبة 81 هلة مقدرة ، منذ القرن السابع ، بما يعادل 2392 يوماً . وهذه الهلات الـ 405موزعة على 69مجموعة ، بعض المجموعات

من 5 والأخرى من 6 هلات . ومدة هذه المجموعات تحسب بالأيام بحيث انها اي المدة تتوافق تماماً مع مسافات جدول بالكسوفات ، وكل مجموعة تنتهي عند تاريخ ممكن لكسوف الشمس .

وقد بحث تيبل Teeple عن منشأ هذا المستند في الواقعة القائلة ، انه إذا اعتبرنا حقبة من عدة عشرات من السنوات ، نلاحظ ان كسوفات الشمس تحدث دائماً في حدود ثلاث قطاعات قصيرة محددة في الروزنامة التكهنية من شعوب المايا ، مما لفت انتباه هؤلاء الهنود الحمر الى تواقتية الظاهرة . وبالفعل ان الدورة التكهنية مدتها 260 يوماً ، وتشكل دورتان منها حقبة من 520يوماً ، وهي حقبة تساوي ثلاث حقب كسوفية او مسافات بين العُقد . واشار تيبل Teeple ان التوافق لم يكن كاملاً وانه بعد 405 هلّات تتراجع العقد بما يعادل 1,6يوم تقريباً ، واشارج . ي . طومسون J.E.Thompsonالى بعض المؤشرات التي تحمل على الاعتقاد ان قبائل المايا كانت تعي هذا الفرق وانها كانت تصححه بصورة دورية .

السنة الاستوائية : قلنا ان السنة الطقوسية عند المايا ، (تختلف عن تون = 360 يوماً) كانت دائماً تساوي 365 يوماً . وقد ادرك الفلكيون الوطنيون في « الامبراطورية القديمة » الاختلاف بين الدورة الطقوسية والدورة الحقيقية للفصول . وفي كوبان copan كان العديد من التدوينات يثبت بدقة بالغة الفرق المتراكم بين السنة الشمسية الحقيقية (او السنة الاستوائية) ، والروزنامة الطقوسية المؤلفة من 365 يوماً منذ بداية عصر مايا اي منذ اكثر من 3800 سنة . ونستنتج من هذا ان كهّان « كوبان » عزوا منذ القرن الثامن الى السنة الاستوائية مدة دقيقة تعادل تقريباً الروزنامة الغريغورية . وهناك مدن اخرى ماوية يبدو انها توصلت الى نتائج مماثلة تقريباً .

والمتخصصون ليسوا متأكدين من الطرق التي كان المايايون الاقدمون يستخدمونها لحساب الفروقات . ويعتقد « ج . ي . تيبل » الذي كان الرائد في هذه البحوث ، انهم استعملوا الضارب المشترك بين الحقب الشمسية والقمرية . ولاحظ بأن المنحوتات تشير غالباً الى حقب تعادل 19 سنة استوائية ، مما يدل ، احتمالاً ، على معرفة دورة ميتون Méton : 19 سنة = 235هلّة . من هنا ، توصل فلكيو « كوبان » الى تقدير مدة السنة الشمسية الحقيقية باستخدام التقدير المذكور اعلاه : 149 هلة = 4400 يوماً . وكل واحدة من هذه المعادلات تتضمن خللاً بسيطاً . ولما كانت هذه الاختلافات متعاكسة فإنها تصحح بعضها بعضاً . مما يتيح حساب السنة الشمسية بما يعادل : 365,2420 يوماً . وهو تقدير اكثر دقة من السنة الغريغورية البالغة 365,2425 يوماً (والسنة الاستوائية الحقيقية = 265,2422[*] (؟) . وبالطبع لا مجال للبحث عن هذا العدد كما هو في المدونات ، لأن المايايين لم يكونوا يعرفون الكسور وقدمت طرق مختلفة بالنسبة الى مدن المايا الأخرى حيث اعطيت السنة الاستوائية مدة لم تكن تعادل تماماً مدة كوبان . وقد عبر « ج . ي . طومسون » عن شكوكه حول الاستخدام المحتمل لهذه الأساليب المختلفة .

دورة فينوس : اعطت شعوب المكسيك القديمة قدرات شريرة للكوكب فينوس خلال الحقبة الممتدة من بزوغه الشمسي بعد الاقتران الادنى . وكان من الواجب بالنسبة اليهم ان يستبقوا اول

(*) هكذا في الاصل والقصد هو 365,2422 يوماً . (الترجمة) .

ظهور لفينوس كنجمة الصباح . ولكن الدورة او الدوران الاقتراني لهذا الكوكب ، يختلف بشكل مذهل بين 580 و 587 يوماً . وقد سبق واشرنا الى ان جهداً أول بذله الهنود الحمر فأعطى لهذه الدورة مدة وسطى قدرها 584 يوماً ، فيها 236 يوماً مرئياً لفينوس كنجمة الصباح . و 90 يوماً عدم رؤية حيث يقع الاقتران الأعلى ، و 250 يوماً رؤية كنجمة مساء و 8 ايام عدم رؤية حيث يقع الاقتران الأدنى .

انطلاقاً من هذا الافتراض عزا المياويون وغيرهم من شعوب المكسيك القديمة اهمية كبرى لحقبة بلغت 37960 يوماً تحتوي تماماً على 65 دورة فينوسية من 584 يوماً ، و 104 سنوات طقوسية من 365 يوماً و 146 دورة تكهنية من 260 يوماً .

وبالنسبة الى شعوب المايا يومئذٍ ، ادت نهاية الحقبة الى جعل البزوغ الشمسي الوسطي لنجمة الصباح في ذات اليوم من الروزنامة التكهنية ، والى نفس « الشهر » واليوم من الروزنامة الطقوسية ، واخيراً الى نفس السنة من دورة 52 سنة ، بعد مزج هاتين الروزنامتين . هذا اليوم يسمى آهو ahau في الروزنامة التكهنية ، وكان مكرساً لفينوس ، وقُرِنَ بها بشكل تصوفي بحيث أنه إلّه هذه النجمة لقب غالباً آهو (وباللغة المايية هون آهو hun ahau .

وفي ما بعد أدرك الفلكيون المياويون أن هذا التقريب الأولي كان غير دقيق وأن دورة فينوس يجب أن تكون مدتها أقل بقليل من 584يوماً . وهي بالواقع 583،92يوماً . إن الفارق المتراكم بخلال 37600 يوماً يتجاوز نصف الهامش في التغيرات الطبيعية لمدة الدوران الاقتراني . وهذا الفرق لا يمكن ان يبقى طويلاً غير ملحوظ . وتصحيحه بسحب 5 أيام من مدة 37960 يوماً لم يكن ليلغي تماماً الفرق ، ولا كان ازال كل المطابقات التكهنية والطوقوسية . والمايا ، برفضهم يومئذٍ ربط الدورة الڤينوسية الحقيقية بالروزنامة الطقوسية ، حرصوا على ان يجدوا لهذه الدورة علاقة دقيقة ودائمة بالروزنامة التكهنية البالغة 260 يوماً وذلك من اجل المحافظة على الأهمية الدينية ليوم 1 آهو ahau . والنتيجة التي حصلوا عليها عرضت في جدول تصحيحي يحتل الصفحات 46 الى 50 من كودكس درسد codex de Dresde .

والتصحيحات المشار اليها تتناول مجملاً من 240 دورة فينوسية (تقريبية) ، كل دورة مدتها 584 يوماً ، ومدتها الاجمالية ترد من 140160 الى 140140يوماً . من اجل هذا نسحب 8ايام في آخر الدورة 57 ثم 4ايام على التوالي من نهاية الدورات 118و 179و240 . وهكذا يكون هناك اسقاط قدره 8 ايام ، يؤخذ من مجموع 57 دورة ، وثلاثة اسقاطات من اربعة ايام يؤخذ كل منها من مجموع 61 دورة . والاسقاطات الاربعة المحققة تمثل في نظر الهنود الحمر طلب رد العلاقة ، كل مرة ، على يوم واحد هو واحد « آهو » . والمجموع المسحوب هو عشرين يوماً ، في حين كان يجب ان يكون 19,2 يوماً بحسب علم الفلك الحديث . وهذا الخطأ بسيط بالنسبة الى مجموع يقارب 384 سنة .

واشار « تيبل » الذي اكتشف هذا التصحيح البسيط انه ربما كان دقيقاً دقة بالغة لو ان الجدول قد مدد بحقبة اخيرة مدتها 61 دورة مع اسقاط جديد قدره 4 ايام . والمجموع المحذوف كان يبلغ

عندئذٍ 24 يوماً من اصل 301 دورة . ومجمل قدره 175784 يوماً ، يرد بالتالي الى 175760 يوماً وهو يمثل خطأ بسيطاً مقداره ساعتان من اصل 481 سنة . وبين « ج.ي طمسون » ان الصفحة 25 من « كودكس درس » يحمل على التفكير ان الماياويين استعملوا فعلاً هذا التصحيح الذي مدته 24 يوماً من اصل 301 دورة ، وان الحدث قد غطي ببساطة بخطأ في النقل وقع فيه الكاتب المحلي .

ولا يمكن الا ان ننحني امام هؤلاء الرجال الذين حصلوا على نتائج بمثل هذه الدقة ، وهم يرتكزون على ملاحظات جرت ضمن ظروف صعبة .

لا شك ان هؤلاء الرجال كانت ترشدهم قبل كل شيء الاهتمامات الصوفية والتكهنية . ولكن الدين والتنجيم يفتحان في اغلب الأحيان الطريق الى الفلسفة والى العلم .

المراجع

Handbook of South American Indians, 6 vol., Smithsonian Institution (Bureau of American Ethnology, Bulletin 143), Washington, 1946-1950. — J. Verdoorn, éd., *Plants and plant Science in latin America*, Waltham, Mass., 1945. — R. Pardal, *Medicina aborigen americana*, Buenos Aires, 1937. — R. d'Harcourt, *La médecine dans l'ancien Pérou*, Paris, 1939. — M. Martinez, *Las plantas medicinales de México*, Mexico, 1944. — R. C. Gill, *A bibliography on curare*, New York, 1940. — L. L. Locke, *The ancient quipu or peruvian knot record*, New York, 1923. — E. Nordenskiöld, *The secret of the peruvian quipus*, Göteborg, 1925. — E. Nordenskiöld, *Calculations with years and months in the peruvian quipus*, Göteborg, 1925. — S. G. Morley, *An introduction to the study of the maya hieroglyphs*, Smithsonian Institution (Bureau of American Ethnology, Bulletin 57), Washington, 1915. — J. E. Teeple, *Maya astronomy*, Carnegie Institution (Contributions to American archaeology nº 2), Washington, 1931. — J. E. S. Thompson, *Maya arithmetic*, Carnegie Institution (Publication 528, Contribution 36), Washington, 1941 ; *Maya hieroglyphic writing. Introduction*, Carnegie Institution (Publication 589), Washington, 1950. — L. Satterthwaite, *Concepts and structures of maya calendrical arithmetics*, University of Pennsylvania, Philadelphia, 1947. — E. Förstemann, *Die Maya-Handschrift der Königlichen Bibliothek zu Dresden ; herausgegeben von Prof. Dr.*, 2e éd., Leipzig, 1892.

الفصل الثاني

العلم العربي

المسائل والمصاعب في تاريخ العلم العربي : من المبكر جداً تقديم عرض للعلم العربي الذي يمكن ان يسيطر على مادة المستندات الغزيرة ثم التقدير الصحيح لصفة ومدى هذه الحركة الضخمة من الفضول الفكري ، والبحث . لقد تخصصت الدراسات الاجمالية حتى الآن وفي اغلب الاحيان الى درجة وضع لوائح بالاسماء والعناوين ، وذلك باستثمار العديد من الكتب التي يحب متعددو النشاطات الثقافية العرب تأليفها حول مختلف اسلاك العلماء ، مثل عيون الانباء في طبقات الاطباء وهو مرجع اعلامي عن فئات الاطباء ، « لابن ابي اصيبعة » أو تاريخ الحكماء « لابن القفطي » .

وقد استعملت ايضاً كاتالوغات مثل الفهرست « لابن النديم » ، أو كشف الظنون « للحاجي خليفة » وهكذا من الناحية التاريخية الخالصة لدينا مستندات حول المادة التي يجب درسها ، من اجل وصف ولادة ثم رسم تطور العلم العربي . ولكن عدا عن ان العديد من الكتب المذكورة في هذه المراجع فقد فقدت أو لم يعثر عليها حتى الآن أو لم تحدد ماهيتها ، فان عدداً كبيراً منها ، وغالب الأحيان اهمها ما تزال مخطوطة . واخيراً وحيث يوجد النص في المتناول فهو يتضمن صعوبات في اللغة وفي الفكر ويطرح مسائل تأثير وتأويل تجعل تقديره وتقويمه دقيقاً جداً .

ويمكن ايضاً محاولة معرفة الفكر والتأليف عند العلماء العرب باستعمال الترجمات العديدة التي حصلت في القرون الوسطى باللغة اللاتينية . ولكن عدا ان الترجمات هي في اغلب الأحيان مفككة واحياناً غير مفهومة بذاتها ، فهي تطرح مسألة امانتها . من ذلك مثلاً انه يوجد باللغة اللاتينية عدة مؤلفات علمية مسندة الى « ابن سينا » . ولكن يبدو ان بعض هذه المؤلفات ليست له كما اثبت ذلك ج . روسكا J.Ruska بالنسبة الى كتاب « دي آنيما » De Anima(في الاحياء) :

إن كتاب الأحياء ، هو الأغنى والأوسع والأكثر اصالة في الكتب التي تعزى اليه ، قد صدر في معظمه بعد مئة سنة من وفاته ، في اسبانيا ، وهو يحمل كل مميزات صدوره المتأخر . وهناك كتابات اخرى سيناوية هي ايضاً احدث تاريخاً ، ومؤلفوها هم خيميائيون لاتين ، استطاعوا بنوع من المهارة

ان يستفيدوا من الكتب التي استطاعوا الحصول عليها في زمنهم (ايزيس ، م 21 ، 1934 ص 51) .

وعلى المؤرخ عندئذٍ ان يقوم ببحوث خاصة ودقيقة بحيث لا يستطيع ان يتجاوز بالمعنى الصحيح ، مجال المونوغرافيا أي الدراسة احادية الموضوع .

ولا تنقصنا بهذا الشأن الكتب الأكثر عمومية . ولكن كل هذه المؤلفات المفيدة جداً بغنى اسانيدها ، هي بذات الوقت موغلة في مادة التاريخ ، ولا يمكنها ان ترتقي الى نظرة فلسفية نوعاً ما . والنتائج الأفضل في هذا النوع هي ما يمكن الحصول عليه عن طريق اظهار صورة كبيرة ، او بفصل نظرية عنها أو طريقة خاصة . وهذا الأسلوب هو ما استعمله كارا دي فو Carra de Vaux وماير هوف Meyrhof . فهو يتيح الحكم من خلال امثلة نموذجية . ولكنه غير كامل .

نشير الى ان الكتب التي يتكلم فيها المؤلفون العرب عن مواضيع علمية هي ابعد ما تكون دائماً عن الكتب العلمية . لقد كان الفكر العربي موسوعياً . ولهذا يمكن ان نجد معلومات مفيدة جداً ، وان كانت خاصة ومعزولة لدى الجغرافيين والمسافرين وعلماء اللغة والفقهاء ومفسري القرآن ، ولدى كل متعددي النشاطات من كل نوع واليهم يضاف علماء الدين والفلاسفة .

وإذاً فكل تلخيص تركيبي صالح يعتبر هنا سابقاً لأوانه . والمسألة التي يتوجب طرحها هي ماهية التقدم التي اعطاه العرب للعلم ، وهل كان العرب مخترعون أو مكتشفون ام كانوا مجرد نقلة ؟ . وهذه المسألة لا يمكن حسمها في كل ضخامتها وابعادها . ولكن يبدو انه من الممكن تحديد شروط البحث العلمي في العالم الاسلامي وكذلك الفكر الذي دعم هذا البحث وهذا ما سوف نحاوله .

1 ـ شروط البحث العلمي

الشروط الدينية : من المعلوم ان كلمة علم عربي لا تعني العلم الاسلامي ، ولكن العلم الذي كتب باللغة العربية اساساً (اذ توجد بعض الكتابات في الفارسية) . ومع ذلك من المؤكد ان الاسلام لعب دوراً مهماً جداً في التفتح العلمي ، في القرون الوسطى العليا . اذ لم يكن الفاتحون نهمين فقط في تمثل الحضارة القديمة السائدة في البلدان التي فتحوها ، ولكنهم وجدوا في كتاباتهم المقدسة تحريضاً وحضاً على الدرس . فالقرآن يدعو المؤمنين في كثير من الأحيان الى مراقبة السماء والأرض للعثور فيهما على ادلة لصالح ايمانهم . وتراث النبي وسنته واحاديثه مملوءة بالأقوال التي تمتدح العلم : « اطلب العلم من المهد الى اللحد ، اطلب العلم ولو في الصين » . وايضاً : « الساعي بحثاً عن العلم يسعى الله معه الى طريق الجنة » . صحيح ان هذا العلم هو قبل كل شيء معرفة الشريعة . ولكن الشريعة في الاسلام ليست مفصولة عن العلم الدنيوي . من ذلك يوجد احاديث متعددة حول الطب والأدوية وشرعية استعمالها . فضلاً عن ذلك لم يتوان العلماء والفلاسفة عن التذرع بهذه النصوص حتى يؤسسوا عليها نشاطاتهم .

وبهذا المعنى كتب « ابن رشد » في كتابه « كتاب الحسم » : « ان الشريعة تحض على التأمل العقلاني في الكائنات والموجودات ، كما تحض على السعي الى معرفة هذه الكائنات بالعقل ، وهذا

ظاهر في اكثر من آية من القرآن » . وهذا الرأي هو رأي كل المسلمين الذين قبلوا العلم وسعوا اليه .
ويجب ان نذكر فكرة تواتر كلمة البحث والطلب (من الفعل طلب) . لقد اعطيت الأرض للانسان لكي تُدْرَس بجهد دائم وثابت .

« والقرآن ليس كتاباً علمياً وان كان بعض الشراح ارادوا ان يروا فيه العلم كله . ولكنه شحذ ، في الكثير من تعاليمه ، الفكر العلمي المبني على الملاحظة الوضعية التي طبعت بطابعها فكر العديد من العلماء العرب المسلمين .

« نأخذ مثلاً الآية 63 من سورة الحج » ﴿ **الم تر ان الله انزل من السماء ماءً فتصبح الأرض مخضرّةً إن الله لطيف خبير** ﴾ . وهناك في بادىء الأمر طلب استعمال العينين ، وهو كثير الورود في القرآن . ولكن ما اكثر افادة هو استعمال الحرف «ف» هذا الحرف ليس حرف اضافة أو عطف : فاللغة العربية تراكم ولا تربط أو تقريباً لا تربط . ويفيد النحاة ان الحرف « ف »و« و »و« ثُمَّ » تدل على نوع من الترابط فيه علاقة وثيقة جداً بين جزئي الجملة . وينتج عن ذلك انه في الظاهرة التي يتوجب لحظها يبدو الله هو السبب الأول والسبب الحقيقي الوحيد ؛ فالماء ليس سبباً للاخضرار ؛ بل هناك مجرد علاقة وثيقة يتوجب رصدها بين المطر والنبات . وفي هذا اساس لفكرة القانون الوضعي الذي لا يحسب اي حساب للاسباب وللجواهر أو القوى الميتافيزيكية » .

والايمان باطلاقية قدرة الله ، نمت في الاسلام نظرية سببية آنية موضعية تلائم جداً البحث العلمي . ونجدها معروضة في كتاب الباقلاني Bāqilāni (ت 1013) . وضمن هذا الاهتمام في تأسيس مشيئة الله رفض هذا العالم الرباني المفاهيم اليونانية حول الجواهر أو الطبائع ونادى بعقيدة ذرية الأجسام والزمن (ان اي حادثين لا يمكن ان يدوما أو ينوجدا بذاتهما في زمنين محددين) . والقوانين لا ترتكز على استمرارية الجواهر الأزلية ، كما هو الحال عند افلاطون Platon ، بل على الارادة الخالصة والبسيطة التي هي مشيئة الله الذي خلقها ويحفظها ، والقوانين هي عادة أو سنة من الله . وتذكر هذه الكلمات ، بعد مالبرنش Malebranche بهيوم Hume .

فضلاً عن ذلك لقد اثر الاسلام ايضاً في المنطق بهذا المعنى ان حكم التلازم ، من النمط الأرسطي س S = ب P ، (ان هذه المقدمة تعود الى هذا الموضوع) ، مرفوض لدى كثير من الفقهاء وعلماء الدين .

فهم يرون ان الحكم هو الخبر المرسل من قبل المتكلم الى المخاطب في موضوع انسان او شيء جرى القرار سابقاً بالحديث عنه (المبتدأ) . والحكم يعبر اذاً عن احداث ووقائع . ويعطي القرآن على ذلك امثلة : « والأرض (مبتدأ) دحاها (خبر) ؛ والجبال (مبتدأ) ارساها (خبر) (سورة 79 ، 30 ، 32) . وبكلمة ان الاسلام قد شجع تطور الفكر الوضعي .

ولدى شارح مثل فخر الدين الرازي Fakhr al-din al Razi (القرن 12) ، عديدة هي الآيات القرآنية التي يؤدي شرحها الى مباحث علمية .

من ذلك ان النص المقدس يستعمل عدة مرات فعل سخّرَ للدلالة على ان الله اخضع المخلوقات لخدمة الانسان . ﴿ **الم تر إن الله سخَّرَ لكم الشمس والقمر** ﴾ (سورة 79 ، 2 ؛ 69 ، 61 ؛ 31 ، 29 ؛ 35 ، 13 ؛ 39 ، 5 ؛ 14 ، 33) ﴿ **وسخَّر لكم الليل والنهار** ﴾ (سورة 14 ، 33 ؛ 16 ، 12) . ﴿ **وسخَّر لكم ما في السماوات** ﴾ (12,45;20,31) .

وبشأن هذه الآيات يعرض الرازي Razi بتفصيل النظريات الكواكبية في زمنه . وعندما كُتِبَ في القرآن بان الله سخّر لنا الفلك الجارية في البحار (س 14 ، 32) ، يستخرج الشارح منها فكرة الصفات المخلوقة التي تتيح للاجسام ان تعوم فوق الماء :

فإذا اعترض معترض : ما هو معنى هذه الآية المذكورة : ﴿ **وسخَّر لكم الفلك لتجري في البحر بامره** ﴾ في حين ان بناء السفن يعود الى المهارة البشرية ؟ نقول : « . . . لو ان الله لم يخلق الأشجار من مادة صلبة يمكن بها صنع السفن ، ولو انه لم يخلق الحديد والمعدات الأخرى ، والماء بالصفة التي له وهي السيلان ، الذي بفضله يمكن للسفينة ان تتقدم حقاً ، ولو انه لم يخلق الرياح وحركتها القوية . . . لما امكن الانتفاع من السفن » .

نجد هنا فكرة مهمة عن العقلية الاسلامية : معرفة قوانين الكون ليس غاية نظرية بذاتها ؛ انها كلها موجهة نحو التطبيق المفيد . ان الجوهر الميتافيزيكي للقوانين قلّما يهم : فليس من الضروري تقصي الارادة الإلهية التي خلقتها ، بل فقط ملاحظتها للاستفادة منها . ونجد هذه القيمة للتقنية المطبقة ، التي بفضلها غلَّب العرب ، حتى في علومهم النظرية الخالصة ، سيطرة وتفوق النشاط « العملياتي » على النشاط التأملي الفكري الذي كان المثال الأسمى عند اليوناني . بهذه الروحية قرأ الكثير من العلماء في الحقبة الاسلامية كتب اليونان .

إن الاسلام الذي نستند اليه يتوافق مع التأويل الاصولي ، السني للقرآن وبهذا المعنى اصاب د. ب ماكدونلد D.B.Macdonald حين كتب ان وجهة النظر الذرية تشكل « خلفية عقلانية » من الناحية القرآنية ، حول خلق العالم في الفضاء وفي الزمن (ايزيس 9 ، 1927 ص 328) . وهو عارض بهذا النظام فلسفة الحكماء المسلمين الأرسطيي الميول وكذلك الافلاطونية الحديثة . ان الفكرة الذرية ، لا ترتكز على « تدكس » مبهم بل على « ملك الملوك ، سيد الأسياد في الديانات السامية » (ص 337) ؛ وقد « عجز عن العثور على اثر لأي شيء من هذا النوع في الفكر اليوناني (ص 341) . ثم استنتج : « لكني لا استطيع الاعتقاد بان المفكرين المسلمين هم مخترعو هذه الفكرة » (ص 341) . ومع ذلك يبدو ان ذرانية المادة والزمن هي من منطق الوحي القرآني ، وانه لا مجال للبحث عن تأثيرات من ناحية الذرية الهندية كما فعل .

ومع ذلك فالعالم الاسلامي ، حيث نما العلم المدون باللغة العربية ، لم يكن تحت سيطرة الامبراطورية السنية وحدها .

فقد اتاحت حركة شعوبية Shu'ubiyya قومية للشعوب الايرانية ، تحت غطاء من الدعاية السياسية لصالح العلويين ، ذرية صهر الرسول ، تطعيم الاسلام بافكار دينية قديمة وفلسفية كان

الشرق الاسكندري وفارس مشبعين بها . وهكذا ولدت الفكرة الشيعية.. انها توفيقية معقدة من الكوسمولوجيات الغنوصية حيث اختلطت العناصر الافلاطونية الجديدة ، وعقائد الديانات ذات الأسرار ، بالرمزيات الصوفية ، والمعتقدات التنجيمية والسحرية . ولم يستطع الاسلام العربي ان ينتصر على هذا المناخ الكثيف من التصوفية الباطنية . ولم تنتجُ الفلسفة من هذا بل انها في اغلب الأحيان اعارت كادراتها ومباداءها لعلم عجائبي اكثر مما هو وضعي ، علم جمع كل المجالات التقليدية الخفية . من ذلك ان المتصوف المصري « ذو النون » Dhü'l - Nün (ت 860) كان يعتبر من الخيميائيين . وجابر بن حيان Jabir b.Hayyän ، الذي مات ابوه من اجل نصرة العباسيين ، قد درس التصوف . وكان تلميذ الامام السادس (جعفر الصادق) وكان يعرف ليس فقط كبار مفكري وعلماء العالم اليوناني ، بل كان يعرف الكتب ذات المحتوى السري جداً مثل كتب ابولونيوس التياني Apollonius Tyane . وانه لواقع : ان الايرانيين قد لعبوا دوراً كبيراً جداً في تطور العلم العربي الاسلامي ، بفضل عبقريتهم الخاصة ، وايضاً بفضل عقلية خاصة يمكن ان نسميها رمزية ، وقد اعطت اتساعاً كبيراً جداً للتفسيرات عن طريق المقارنة بين الكائنات وبين مختلف المراتب الاونتولوجية (علم الكائن) لعالم انبثاقي فيضي . وقد وضح تماماً هنري كوربان H.corbin ماهية هذا العلم عندما كتب بشأن جابر Jäbir :

« لأن العلم « الكمي » عند جابر لم يكن ببساطة فصلاً من التاريخ البدائي للعلوم ، كما نفهم نحن اليوم بكلمة « علوم » . انه علم الميزان (Welt a nsehauung) . ان علم الميزان ينزع ليشمل كل معطيات المعرفة البشرية . انه لا ينطبق فقط على الممالك الثلاث في عالم « تحت القمر » ، بل ينطبق ايضاً على حركة الكواكب وعلى اقانيم العالم الروحاني . كما يقول « كتاب الخمسين » ، هناك موازين لوزن « الذكاء » ، وروح الكون ، والطبيعة والأشكال ، والكرات والكواكب ، والصفات الطبيعية الأربع : الحيوان والنبات ، والمعدن واشباهه ، « واخيراً ميزان الحروف » الذي هو اكملها جميعاً » (تاريخ الفلسفة الاسلامية القسم الاول ، ص 186) .

واذن يوجد ، عموماً تياران مختلفان منبثقان عن الاسلام ، عملا كلاهما احياناً منفصلين ، واحياناً ايضاً مجتمعين ، في روحية العلم العربي ، وفي مفاهيمه وفي طرقه . ومع ذلك لا مجال للتمييز والقول بعلمين ، اذ عدا عن علماء الدين الخُلّص الذين يكفر بعضهم بعضاً بالطبع ، فان المفكرين المتكلمين بالعربية ، وبسبب فضولهم العلمي الموسوعي ، وبسبب حساسيتهم تجاه التيارات المتنوعة التي كانت تتشابك في الوسط حيث يعيشون ، قد تأثروا بالتيارين . والبعض ، من ذوي الشخصيات الأقل قوة ، راكم وجمع بينهما ، اما الآخرون الذين كانوا من اصحاب العبقرية الأقوى . مثل ابن سينا Avicenne مثلاً فقد حققوا تأليفاً اصيلاً .

الشروط البشرية : عند الكلام عن العلم العربي ، يقصد به العلم الذي نقل باللغة العربية بصورة اساسية ، وبصورة اعمق ايضاً ، الذي ارتبط بمشاكل لغوية طرحتها هذه اللغة . من الناحية العرقية ، كل الشعوب التي دخلت تحت السيطرة العربية ساهمت فيه . وكل الذين تأثروا بالاسلام ،

مارسوتأثيرهم . من بين هذه الشعوب ، كان البعض صاحب علوم متقدمة : الهندوفارس ، قدموا مساهمة مهمة . ولكن الشيء الأهم بكثير ، هو تراث اليونان القديمة والفكر الهلنستي . لقد كون الاسكندريون مجموعاً من العلوم احتفظ به البيزنطيون وشرحوه . وقد وجدت عدة ترجمات سريانية سهلت ، ولكنها ايضاً طبعت بطابعها الترجمات العربية الاولى .

ثم انه رغم الانفتاح الأوسع ، ان العلم العربي ، ليس ، في اساسه ، الا استمراراً للعلم اليوناني . ان العلماء الكبار امثال غاليان Galien وبطليموس Ptolémée ، اللذان ابرزا هذا العلم ، ظلوا معلمي العرب . واحتفظت المؤسسات الجديدة بنفس نظام التعليم المتبع في المدرسة الأم : شروحات موسوعات ، قواميس وكتب علمية هي هنا وهناك ادوات العمل المحترمة .

ذكر مايرهوف Meyerhof انهم في الاسكندرية كانوا يشتغلون على كتب غاليان Galien ضمن ترتيب ما . كان غاليان Galien يريد من الطلاب بعد دراسة السكتي (de Sectis) ان يقرأوا اولاً كتباً من علم الفلك ثم كتب فيزيولوجيا (اوزوس بارتيوم) usu partium ، ثم كتبه حول التشخيص ووصف الدواء . وبعدها يباشرون معالجة المرضى ، وخاصة : (methodus medendi) . واضاف انه في ايام حنين بن اسحاق Hunayn b.Ishaq (القرن 9) وجدت في بغداد مدرسة علمية اسست على نمط مدرسة الاسكندرية (ايزيس Isis مجلد I ، 7 ، 1926 ص 685 - 724) .

واصبح نمط العالم الضليع في عدة علوم ، ان لم يكن بها كلها ، والمتمثل بامثال غاليان Galien واكثر باراتوستين Eratosthène ، النمط العادى للعالم العربي ، الفيلسوف ، والرياضي والفلكي والكيميائي والطبيب والعالم الطبيعي ، واحياناً المؤرخ والجغرافي والقانوني والشاعر . هكذا كان امثال ابن سينا Avicenne والبيروني Birüni وغيرهم .

لا شك ، انه لا يمكن اهمال تأثير الهند وفارس . لقد كان العلم الهندي بصورة خاصة ، قد درس تماماً . وترجمت كتب الهند المهمة ولخصت أو اقتبست . ولكن النظرة القائلة بان العلم العربي ناتج عن خليط أو عن تلقيح وتخصيب للمعارف العلمية عند كل الأمم ، لا يثبت امام الفحص . ان هيكلية الفكر العلمي العربي هي يونانية تماماً . والعناصر التي يمكن ردها الى تأثيرات اخرى هي مأخوذات مهمة نوعاً ما امتصت تماماً . لا شك ان اتساع ووحدة العالم الاسلامي ، نسبياً اتاحت قيام اتصالات واختلاطات لا يمكن إلا ان تساعد على تنمية العلم . ولكن من المبالغ فيه القول عن تمازج تركيبي بين عدة ثقافات .

يعترف صاعد الأندلسي Sa'id al - Andalusi في طبقات الأمم باسبقية الحضارة الهندية . ويرى فيها « منجم الحكمة ، ومنبع الحق (القانون) والسياسة » . وقد عكف علماء الهند على علم العدد وعلى قواعد الهندسة (الجيومتريا) وعلم الفلك ، وبوجه عام ، على الرياضيات . وتجاوزوا كل الشعوب في الطب ومعرفة الأدوية . ويشير صاعد Sàid (1213 - 1292) الى بعض الكتب الهندية ، في كل علم ، وصلت الى العرب . ورغم هذا المديح يذكر المؤلف رأياً يقول بان نبوغ هذا الشعب وصفاته العقلية ، تأتي من تأثيرات كواكبية . وانه لحظٌ (hazz) سعيدٌ وانه لقدحٌ (qidh) بالنسبة اليه

استفاد منها . اي فرق في اللهجة عند الكلام عن اليونان : بعد مقدمة عن تاريخ الاسكندر ، يقول صاعد Sa'id : « يسمى لسان الهللينيين بالاغـريقي . انه أوسـع من كل الألسن وامتنهـا » . وتتمة الفصل تدخل في تفصيلات المفكرين اليونانيين الـذين هم « الرجـال الأعلى مقـاماً ، والعلماء الأكـثر احتـراماً وقيمـة ، قد اظهـروا اهتمامـاً اصيلاً بمختلف انـواع العلوم » . ويجب التوقف عنـد عبـارة « اهتمام اصيل » (الاعتناء بالمعرفة) التي تدل أن المؤلف عرف التفـرد في علم الاغريق ، ومـوضوعيتـه وتجرده .

هذه الملاحظات القليلة تبرز الفكرة بان اليونان قد لعبت دوراً لا مثيل له وان العلم العربي هو قبل كل شيء امتداد لعلم اليونان .

ولكن لما كان كل شعب له موهبته ، يجدر ان نذكر رأياً لأبي حيان التوحيـدي Abu Hayyan al - Tawhidi (القرن 10) اورده على لسان كاتب فارسي كبير هو ابن المقفع Ibn al - Muqaffa ، مترجم كتاب كليلة ودمنة الى العربيـة (القرن 8) : يمتـاز العرب عن بقيـة الأمم ، لأنهم ، بخلاف الأغريق ، والفرس او الهنود « لم يكن لهم احد قبلهم يتمرسون مثـاله ، ولا كتـاب يرشـدهـم . انهم سكان بلد فقير ، صحراوي ، قليل السكان . وكل واحد منهم يحتاج ، في عزلته ، الى تفكير شخصي ذاتي ، والى عقـل ذاتي . وهم يعرفـون ان وجودهم يـأتي من نبات الأرض . ولـذا اعطوا لكـل نبتة علامة ، فردوها الى صنفها وحددوا الازمنـة والحقب العائـدة لها ، وعـرفوا الفـوائد التي يجنـونها منها ، سواء كانت النبتة يابسة ام جافـة . وما كـان نافعـاً لقطعـانهم من الأغنام والجمـال . ثم انهم راقبوا الفروقات بين الفصول وحددوها : ففصل الربيع ، وفصل مطلع الصيف ، ثم القيض واخيراً الفصل الشتوي . ثم علموا ان شرابهم يـأتي من السماء ، وقـد حددوا لهـذا : « الانواء » (راجـع ما يـلي) . وعرفوا تغير الأوقات ، وحددوا مختلف المسارح طيلة السنة . وكانوا يحتاجـون للتنقل فـوق الأرض ، وجعلوا من نجوم السماء معـالمهم ليهتدوا الى الجهـات الرئيسيـة والى مختلف اقطار الأرض ، وبفضـل النجوم ساروا في طريقهم عبر البلاد . وكذلك عرَّفـوا لمصلحتهم ، القيم الأخلاقيـة » (كتاب الامتـاع والمؤانسة ، الليلة السادسة) .

وهكذا كانت كل ثقافة العرب (نقصد البدو) العلمية حكمة عملية ، محددة ، مـرتكزة عـلى ضرورات الحياة ؛ وقد اكتسبت هذه الحكمة بفضل الملاحظة والتجربة . وهذه الثقافـة العلمية ليس فيها شيء من النظري أو الكتبي . وسوف نرى ان العلماء المسلمين من الذين كتبوا بالعربية لم ينقطعوا عن هذا العلم التجريبي .

ويوجد ادب حفظ لنا هذا المجمـل من المعارف الشعبيـة ، المستنبطة احيـاناً من عنـاصر اكـثر علمية . وهذا الأدب يقوم على كتب « الأنواء »[1]

---

(1) يمكن ذكـر روزنامـة ابن البنـا ibn al-Banna المراكشي (1256-1321)(ط . هـ . ب . ج . رينـو ، بـاريس 1948 ، كتاب الانواع لابن قتيبة ibn Qutaiba (ط . حميد الله ـ پلات ، حيدر آباد ، 1956 ، وروزنامة قرطبة » ط . ش . پلات ، ليد ، 1961) .

كتب شارل پلات Ch.(Pellat) بهذا الموضوع : « على العموم ميَّزَ العرب القدامى 28نجماً كانت تذهب ازواجاً ؛ وعندما كان اي نجم يغيب عند الفجر ، كان مقابله يبزغ بذات الوقت . والنجم الذي يغيب يدل على بداية نوٍّ (ج انواء) يدوم الى مغيب النجم التالي بعد 13 (واحياناً 14) يوماً فيما بعد . ولكن في هذه الحقبة من 13 يوماً ، لا يمتد النوُّ بالذات إلاّ على عدة ايام ، خلالها يفترض بحالة الجو ان تبقى بدون تغيير محسوس . وهكذا كان للعرب علم ارصاد جوي بدائي ، اليه تضاف روزنامة ، روزنامة الثريا ـ لأن بزوغ نفس النجوم أو المجموعة النجومية يقسم ايضاً السنة الشمسية الى 28 حقبة عليها كانوا يعتمدون لتقدير مسار الزمن . ذلك هو على ما يبدو النظام القديم المسمى الأنواء) (في روزنامة قرطبة ، ليد 1961 ، تقديم ص X نمرة 2) .

وبالنسبة الى كل شهر في السنة يدون المزاج : مثلاً برد ورطوبة الخ . والانسجام مع مطلق طبيعة ، مثلاً مع طبيعة الماء أو الهواء أو النار . ونوعية الأطعمة والأشربة والأدوية التي يتوجب تناولها ؛ الرياح المسيطرة ومفاعيلها ؛ الأمطار ومدتها ؛ والأعمال الزراعية التي يجب القيام بها ؛ النباتات التي تزرع أو تقطف ، الأمور التي تتعلق بتربية المواشي ، وحياة الحيوانات عموماً . واخيراً تذكر تواريخ بزوغ وافول النجوم ، محددة الانواء وكذلك مدة كل نوٍّ .

الوصول الى العلم وتنظيمه : ان نحن جمعنا الشروط الدينية والبشرية ، نفهم وضع العلماء المسلمين والدفع الذي اعطوه للعلماء من كل الملل ومن كل الأعراق ، وذلك بتجنيدهم من اجل عمل مشترك باللغة العربية . ان العلم هو ، واقعاً ، واحدة من المؤسسات في الحاضرة الاسلامية . ولا يشجع عليه محبو العلم ورعاته فقط ، بل ان خلفاء عملوا على بعثه وعلى نموه . ويجب ذكر خالد Khalid « الأمير الفيلسوف ، الذي يعتبر عمله من قبيل الاسطورة ، ثم المنصور al-Mansür مؤسس بغداد ، والمأمون al-Mamun الذي ارسل المبعوثين بحثاً عن المخطوطات لترجمتها بنشاط . هذا رغم انه قد حصلت معارضات باسم روحية دينية تعادي كل مجلوب اجنبي .

وبالفعل ، في الوقت الذي نمت فيه جهود الترجمة وحيث انتشر حب العلم ، قامت في الاسلام مدرسة دينية فقهية متشددة بشكل خاص . انها مدرسة احمد بن حنبل Ahmad ibn Hanbal (780- 855) سميت الحنبلية . وكان فقهاؤها لا يؤمنون الا بعلم واحد هو علم القرآن والسنة .

في «اعلان الإيمان لابن بطة» Ibn Batta (ت 997) (طبع وترجمة هـ. لاووست Laoust، دمشق 1958) نقرأ ضد «المجددين»: وقد وصل بهم الحد إلى احتقار كتاب الله، وإلى موالاة اناس جهلة وضالين، في حين أن مولاهم اعطاهم العلم» (ص 7)، ونجد أيضاً هجوماً على «محاولة معرفةسر الكون» (ص 155).

وهناك حنبلي آخر ، برباهاري Barbahari كتب يقول : « لا تدرس كثير النجوم ، ان لم يكن لمساعدتك في تحديد ساعات الصلاة ، ولا تتعداها » (نفس المصدر ، ص 155 رقم 2) .

هذا الموقف غير المهادن حمل رينان Renan على القول بان العلم في بلاد الاسلام قد ازدهر رغماً

عن الاسلام ، وهذا ليس صحيحاً حتى لو نظرنا بمنظار المدارس المتشددة والمتعصبة . فهذه المدارس ليست كل الاسلام ، ومهما يكن من امر لقد انتصر حب العلم . وعلى صعيد البحث كما على صعيد التعليم ، لقد ولد هذا الوضع الحاجة الى جرد المعرفة . وربما كان البعض من الذين انصرفوا الى هذا العمل ، وضع الكاتالوغات ، قد ظنوا ان العلم قد اكتمل وانه لم يبق الا تمثله . ولكن هذا الاستذكار أو التجميع للمعارف المكتسبة ، شكل تمهيداً ممتازاً للبحث المنهجي وللتقدم .

ان الحاجة الى الجرد والاحصاء فتحت المجال امام تصنيف العلوم تصنيفاً يدل بمفرده ، على تطور نوع من المفهوم العلمي . لا شك ان هذه التصنيفات لم تكن تجديداً . ولكن تحت تأثير افلاطون Platon وارسطو Aristote ، قسم الأقدمون العلوم ، بحسب مناهجها وبحسب الصفة الأساسية وبحسب درجة فهم موضوعها . عند العرب ، حتى عندما يرتدون الطابع اليوناني ، يبدو التصنيف ذا قيمة تمهيدية بارزة . انه قبل كل شيء احصاء وبرنامج .العلوم موجودة . ويجب وضعها في مكانها حتى لا ينتسى أي منها . والطريقة لا تستنتج « مسبقاً » من فهم الموضوع العلمي ؛ انها موصوفة في العمل العلمي الحقيقي . هذا الانقلاب مهم . انه في اساس تشكل وتكون روح تجريبية . انه بالمعرفة يمكن تعلم ما نعرفُ ، وان نرى الأساليب الواجب استعمالها والحقائق التي يمكن التوصل اليها . وفيما بعد ، انقلب انعدام التحليل التصوري ـ الذي غلب بطابعه على تصنيفات العلوم عند العرب والذي حمل على احتقارها ـ الى مكسب ، من الناحية العلمية الخالصة . كان ارسطو Aristote قد قسم العلوم الى تأملية وإلى عملية ثم « شاعرية » وهذا التقسيم اعتمده ابن رشد Averroés ، ولكنه زال وتضاءل عموماً عند العرب الذين مالوا بقوة الى الجمع بين التأملي والشاعري . وقد بدا أن هذا الجمع كان حاسماً من اجل تقدم الفكر العلمي : ان المعرفة لم تعد تأملاً بل فعلاً .

تصنيف الفارابي Al - Farabi : في كتابه « احصاء العلماء » يقترح الفارابي al - Farabi تصنيف العلوم ضمن خمسة فروع : 1) اللغة وفقه اللغة ؛ 2) المنطق ؛ 3) العلوم الرياضية (الحساب الجيومتريا ، المناظر ، علم الفلك ، علم الجاذبية الأرضية ، الميكانيك ؛ 4) الفيزياء والميتافيزيا ؛ 5) العلوم السياسية والحقوقية وعلم الالهيات . ونرى ان العلم يشمل كل مناحي المعرفة . وغالبية العلوم المذكورة في الفرع 3) و 4) تتضمن قسماً نظرياً وقسماً تطبيقياً عملياً .

ولكن هذا التقسيم لا يبدو واضحاً حقاً إلّا في مجال الرياضيات الخالصة ، التي تتضاعف فعلاً بالتقنيات التي تخضع لها : الحساب الخالص ، علم العدد والمحاسبة ؛ الجيومتريا الخالصة ، المساحة وغيرها من المهن التي تستعمل من اجل كيل ابعاد واحجام الاجسام . ولكن الفارابي al-Farabi يدخل في علم الجاذبية الأرضية ، موضوعين ربما كان احدهما اكثر تجريداً من الآخر ، دون ان يكون بالضرورة نظرياً اكثر . فهناك فعلاً ، وبالدرجة الأولى دراسة الأوزان كمعايير ثم هناك البحث عن « مبدأ الآلات التي تستطيع رفع الاثقال ، ونقلها من مكان إلى آخر » . والميكانيك بدوره ، يعرف بانه علم معالجة الاجسام الطبيعية ، المنسجمة مع العلاقات الرياضية القائمة ، ومن جهة اخرى بأنه فن استحداث هذه العلاقات بين هذه الاجسام . وهذا هو بالتالي التمييز بين الميكانيك العقلاني والميكانيك الفيزيائي .

وإذاً فهذا التصنيف يستخدم ، رغم بعده عن كل تقسيم تحليلي للعلوم ، لربط المعرفة التأملية والمهارة اليدوية في المهن . وفي العلوم ذات العلاقة بالموجودات والكائنات الطبيعية ، مثل الميكانيك ، فالمسافة بين « النظرية » والتطبيق توشك ان تزول ، ومفهوما العلم والفن (أو الصنعة) ينتهيان الى التزاوج ، رغم الفارق النظري بينهما .

تصنيف ابن سينا Avicenne : في كتابه « اقسام العلوم العقلية » يبدو اقرب الى المفاهيم القديمة . فهو يميز العلوم النظرية عن العلوم التطبيقية . وتهدف الأولى الى الوصول لقناعة اكيدة ، في المسائل التي لا يتعلق وجودها بالفعل البشري ؛ ان غايتها هي الحقيقة . والثانية تهدف الى صلاحية رأي يتعلق باغراض يستطيع الانسان الوصول اليها بعمله . أن هدفها هو الخير . اما كلمة « عملية » فتؤخذ تماماً كما في المعنى اليوناني وتُرد الى التصرف البشري . ان العلوم المنتجة في عقيدة ارسطو Aristote فغير معتبرة . اما العلوم النظرية فتوزع بين ثلاث مراتب : اسفلها هي علوم الطبيعة ، والوسطى هي مرتبة الرياضيات ، واعلاها تأتي الميتافيزياء . وهذا التراتب يتعلق بطبيعة الشيء :

« اما لأن حد ووجود الاشياء مرتبطان كلاهما بالمادة الجسدية ، وبالحركة . . . أو لأن وجودها مرتبط بالمادة وبالحركة ، ولكن من دون الحد (التعريف) . . . أو لأن وجودها وحدها (تعريفها) غير مرتبطين ، كليهما بالمادة وبالحركة » .

هنا يبدو التقسيم تحليلياً خالصاً ويتيح تقسيم هيكلية العلوم . ولكنه ليس الا مجرد واجهة اذ في الحال يظهر نظام آخر للتصنيف الى علوم اساسية وعلوم مشتقة أو فرعية . من ذلك انه من بين العلوم الطبيعية ، تدرس العلوم الأساسية المبادىء العامة للكائنات ، والمادة والشكل ، والعناصر المجردة ، وحركات التوالد والفساد ، والنمو والزوال ؛ ثم الاعراض التي تتدخل في العناصر قبل امتزاجها ، والنيازك والظاهرات الفضائية ، والهزات الأرضية ، والبحار والجبال ؛ ثم مختلف الممالك ، المنجمية ، والنباتية والحيوانية ؛ واخيراً الانسان ونفسه الخالدة . ويحيل ابن سينا Avicenne في كل من هذه المجالات الدراسية الى كتب لارسطو Aristote . اما العلوم المشتقة المتطابقة فهي الطب ، والتنجيم القضائي ، وعلم الفراسة ، وتفسير الأحلام ، وعلم التعاويذ والطلاسم ، والسحر والخيمياء . ومن بين العلوم الرياضية : الأساسية هي : الحساب ، والجيومتريا ، والفلك ، والموسيقى ؛ واما العلوم المتفرعة منها فهي علم الجمع والقسمة ، والجبر ، وهي تفرعات الحساب ؛ ثم الكيل والميكانيك ، وعلم الجاذبية ، والأوزان والموازين ، والمنظور ، وعلم المرايا وعلم التوازن في السوائل ، وهي تفرعات الجيومتريا .

اننا نكتشف اذن وراء واجهة جميلة على الطريقة اليونانية ، تعداداً بسيطاً للعلوم التي كانت موجودة يومئذ ، وبصورة خاصة اننا نقع على نفس العلاقة الضيقة بين النظري والانتاجي . وحدها الأسماء تختلف : فالعلوم المسماة اساسية وفرعية ليست إلا العلوم الخالصة والتطبيقية . ان تصنيف ابن سينا Avicenne يرد إذاً بيسر ، في مجمله الى تقسيم الفارابي al - Farabi .

هذا الميل او الاتجاه سوف تكون له عواقب خصبة جداً ، وهو منتشر لدى المفكرين العرب ، دون ان

يكون عمومياً بصورة كاملة . وهو موجود عند الغزالي Al - Ghazali . ولكن ابن رشد Averroès يحاربه . اذ يرى مثلاً ، انه خطأ في النهج وفي التصور ان يصنف الطب كفرع من الفيزياء . ويعارض بشدة بين علم الطبيعة والصناعة العملية التي هي الطب . والكل يعرف مكانة الطب في العلم العربي ، وهكذا نقتنع بكل ما في موقف ابن رشد Averroès من محافظة رجعية .

تصنيف اخوان الصفا : هناك تيار آخر يتمثل في تصنيف رسائل اخوان الصفا . انه يستلهم تصوفية فيثاغورية وافلاطونية حديثة . ان العلوم تقسم الى اربعة اصناف : 1) الرياضيات ؛ 2) علم الاجسام المادية ؛ 3) علم الأنفس العقلانية ؛4) علم الشرائع الآلهية . هذا الترتيب ديناميكي ويتوافق مع صعود النفس العارفة نحو الآلهي . ولا يوجد فيه الا نفع ضعيف ، بالنسبة الى تاريخ العلم ، لَوْ أنّهُ لم يلفت الانتباه ، كما هو عند الفارابي al-Farabi انما بوضوح اكبر ايضاً ، الى المكانة المتبادلة بين الرياضيات والفيزياء . ان علوم الطبيعة ليست موضوعة في المستوى الأدنى وكأنها مشوبة بالمادة ومرتهنة لعالم المظاهر . إنها تأتي بعد الرياضيات التي تعتبر بالنسبة اليها كأساس او قاعدة وتمهيد . ويمكن ان نلحظ ذلك في هذه العبارة :

« إن رسالتنا الأولى تهتم بالعدد . وهدفها تعويد نفس الذين يدرسون الفلسفة . . . ويتأملون في الحقيقة ويفتشون عن اسباب كل الكائنات » .

وللأسف ، ان الشيء الخصب الذي يراه فكر حديث في مثل هذا التصنيف ، لم يمكن استغلاله من قبل الفكر العربي . ان تفصيله يقع في تعداد شبيه بالتعداد السابق ، مع تفتتٍ اكبر ايضاً . ويتوجب بشكل خاص ملاحظة مضمون الرياضيات . انها تشتمل على مسائل تتعلق بالمنهجية وبالمنطق . نذكر بشكل خاص دراسة النِسب التي تهدف الى التعمق في بنية الأجسام . ان الرياضيات تعتبر تماماً ، وبآنٍ واحد كمدخل وكأداة لخدمة العلوم الأخرى . ولكن هذه الأفكار المفيدة قصيرة النَفَس .

تدل هذه الأمثلة بان تصنيف العلوم عند العرب ، ان لم يرتد المظهر الترتيبي المنطقي المتوقع والمأمول منهُ فهو لا يقصر عن الكشف ، باهتمام موسوعي احصائي ، عن فكر عملي واقعي ، ينذر بفكرة علم عملياتي . ان النظام الفيثاغوري عند اخوان الصفا ، يقدم تصوراً مهماً للرياضيات ، دون ان يجعل منها بالفعل اداة تقدم : وكان لا بدَّ من تطور « العمليات » الجبرية وان تحل محل تأمل « الجواهر » العددية والجيومترية ، حتى يحمل مثل هذا التصور ثماره .

II ـ روح العلم العربي

العلم والفلسفة : قبل كل شيء ، من المؤكد ان العلم يبقى مرتبطاً بالفلسفة . ان نظام ارسطو Aristote ، المعدل نوعاً ما بعناصر افلاطونية وافلاطونية حديثة ، يقدم الخطوط الكبرى في هيكلية الكون والمفاهيم الأساسية التي اليها يرد تفسير الظاهرات . الكثير من العلماء العرب ، امثال الكندي al - Kindi وابن سينا Avicenne هم من الفلاسفة . والآخرون ، وان لم يتصدوا للفلسفة ، فانهم يعرفونها ويستفيدون منها .

ولكن كما هو الحال عند غاليان Galien الذي كان معلمهم الأكبر ، نشعر لدى العلماء العرب ، بان الروح العلمية تعمل ، من داخل ، في المفاهيم الفلسفية . وهذا التناقض يستحق الابراز حقاً ؛ وهو انه بمقدار قلة اصالة انتاجهم : ذلك ان الأساس الجوهري لبحوثهم كان كتبياً ، فقد توصلوا الى توسيع ، بل الى تمزيق الاطار الفلسفي الذي كان يغطي العلم . ولا شيء يفرض التعديل العنيف للمفاهيم مثل الحاجة الى التوفيق بين النصوص .

الفارابي Al - Farabi : وينكشف مؤشر دال على هذه التحولات في الكتاب الذي سبق ذكره عن الفارابي al - Farabi . في الفصل المتعلق بعلوم الطبيعة يميز بين الأجسام الطبيعية والأجسام الاصطناعية مثل الزجاج والأواني المصنوعة منه . والخلاصة يجب التعرف على الأجسام الطبيعية بالمقارنة مع الأجسام الاصطناعية ، إذ في الأولى لا تبرز التفاعليات المادية والبنيات بشكل مرئي .

حتى هذا الحد لا يتم الخروج من الاصطناعية التي كثيراً ما اخذت على ارسطو Aristote . ولكن الفارابي al - Farabi سرعان ما ينظر الى حالات وسيطة بين الطبيعة والفن . وهذان مثلان على ذلك .

« توجد ايضاً اجسام عدة اصطناعية ليست ذات بنيات محسوسة ؛ من ذلك الخمر ، انه جسم أوجدته الصناعة ، إلا ان القوة التي تجعله يتخمر ليست محسوسة ؛ ووجودها غير معروف الا من خلال مفعولها ، وهذه القوة هي الصورة وهي الصيغة (نقول البنية) في الخمر . انها تلعب بالنسبة الى الخمر دور القاطع بالنسبة الى السيف ، إذ من خلال هذه القوة تفعل الخمر فعلها » .

« من ذلك ان الأدوية امثال الترياق وغيرها ، والتي هي مركبات صنعة الطب ، لا تؤثر في الجسم الا من خلال قوى يجعلها التركيب فيها . وهذه القوى ليست محسوسة . ان الحواس لا ترى إلا الآثار الناتجة عنها . واذن فكل دواء لا يصبح دواء الا بشيئين : الاخلاط التي تكونه والقوة التي بها يحدث اثره . وتشكل الخلائط مادته ، اما قوة فعله فتشكل صورته » .

هذه الفقرات مهمة للغاية . نذكر اولاً ، انه اذا كان الخليط الذي يستمد قوته من تركيبه ، يسمى مادة ، والصيغة (اي الشكل) هي بالضبط هذه القوة ، فيجب الاستنتاج بان الشكل يأتي من المادة ، وهي ليست الا نوعاً من تنظيم المادة ، مع خصائص جديدة تنتج عن هذا التنظيم . وقد شرع ارسطو Aristote في انزال الصيغ المحسوسة من السماء الى الأرض . وانتهت الحركة هنا : ان الادراكية العلمية تتحقق بدراسة الخلائط المادية . نلاحظ بعدُ الأهمية المعطاة للعمل ، وللخصائص الفعالة ، في تعريف الصيغة، وكذلك نلاحظ الرجوع العجيب الى هذه العمليات التي يساعد فيها الانسان الطبيعة .

إن كلمة « قوة » مكرسة في الفلسفة للتعبير عن القدرة الارسطية ، انها قدرة سلبية[1] . اما

(1) لقد سبق ان مال غاليان Galien بمعنى كلمة « قدرة » الى معنى « القوة » . وبتأثير جان فيولوبون Jean Philopon نجد عند يحيى بن عدي Yahva ibn Adi ، وعند ابن سينا Ibn sina وابي البركات البغدادي Aby'l - Baraqat al - Baghdadi مراجعة لفيزياء ارسطو Aristote .

الفارابي AL - Farabi فيستعملها هنا بمعنى القدرة الناشطة الفاعلة . ذلك انه في الأجسام التي هي ، كما الثوب ، حصيلة كاملة من منتجات الفن أو الصنعة ، تكون قدرة المادة قدرة خالصة : لا شيء يوجب على الصوف ان يتحول الى ثوب والحجر الى تمثال . ولكن ما هو مادة خالصة بالنسبه الى الفن ، هو بالنسبة الى الطبيعة شكل .

« وانه تطابقاً مع هذه الأمثلة (الخمر ، والأدوية المركبة) يجب فهم الصيغة والمادة في الأجسام الطبيعية . حتى ولو لم تكن مدركة بالحواس ، فهي تلعب دور هذه المواد وهذه الأشكال غير المدركة في الأجسام المصطنعة » .

ان القوة التي تحمل الشجرة على البزوغ غير معروفة منا ، لأننا لا نتدخل في النمو . ولكن نفهمها بالمقارنة مع القوة التي تخمر الخمر ، التي هي بدورها خفية عنّا بذاتها ، ولكننا نستطيع اكتشافها بعمليتنا . ان المقارنة الدقيقة تقع اذن بين الأجسام الطبيعية ، والأجسام التي يستطيع الانسان ان يصنعها ، لا بواسطة قواه وحدها ، بل بمساعدة الطبيعة . في هذا الاتجاه نصل الى علم يفهم موضوعه بالنسبة الى عمليات تحدد بانها تدخل الانسان في الطبيعة ، وبكلمة انها علم المختبر .

الرازي Razi : نجد عند ابي بكر ، محمد بن زكريا الرازي Abu Bakr Muhammad ibn Zakarya al-Razi ، الرازس Rhazès عند اللاتينيين ، انتقاداً لفكرة الطبيعة ، يقدم شهادة اخرى على تعديل الفكر القديم . سنداً لارسطو Aristote يعتبر الـ Fusis هو مبدأ الحركة في الكائنات غير الحية . فكل الأفعال والخصائص في الأجسام الطبيعية ، بالعكس من الأعمال البشرية يمكن ان ترد الى طبائع . ومن المعلوم الى اي نمط من التفسير الميتافيزكي ، يجب ان يؤدي مثل هذا المفهوم المطبق على العلوم . يهاجم الرازي AL - Razi اتباع هذا المذهب : « ان قالوا ان الغائية التي نجدها في الأجسام المركبة وفي الحيوان ، دون القدرة على تصورها ولا على معرفة شيء عنها ، تدل بهذا بانها من صنع الطبيعة ، فليجابوا : لماذا تنكرون ان تكون من صنع الخالق ، في حين تسندون الى الطبيعة العديد من صفات الخالق ؟ » (اوبرا فيلوزوفيكا ، ط . ب . كروس ، I ، ص 120) .

« اننا نلاحظ انكم تصفون الطبيعة بذات نعوت الحي القادر على الاختيار ، الحكيم العاقل ، لأنكم تقولون انها لا تفعل شيئاً الا عن حكمة ومناسبة ، وانها تهدف الى غاية ، وانها تفعل شيئاً من اجل شيء آخر ، كما تخلق العين في النطفة لكي ترى . . . وانها تضع كل شيءٍ في مكانه ، وانها تنظمه كما يجب ان يكون ، وان تكون الجنين في الرحم وانها توجه نموه باقصى ما يمكن من الرعاية حتى يكتمل ؛ وفضلاً عن ذلك انها تحكم الانسان ، وتعطيه الصحة وتبعد عنه الأمراض ، الى درجة ان هبوقراط Hippocrate قال بان الطبيعات هي اطباء أوجاعنا . ورغم كل شيء تقولون انها غير حية وبدون حياة . . . وغير قادرة على الاختيار ، وبدون معرفة وفي هذا تناقض اكيد ، وبطلان ظاهر » . (نفس المصدر ص 118) .

هذه الاحتجاجات لا تعني ان الرازي AL - Razi هو من انصار الغائية الخارجية التي تنكر العلم . ان ما ينتقده ، في مفهوم الطبيعة ليس هو في الأساس إلا الاستعمال الآلي الأعمى لهذه

الطبيعة ، لأنها لا تقدم اي عنصر معقول للفهم ، ولا أي سبيل لتحليل الظاهرات . وكتب ايضاً ، انما ضد غاليان Galien هذه المرة :

« انك تقول ان الطبيعة تتحكم بالحيوان . . . الصحيح هو العكس . ان الحي هو الذي يتحكم بالطبيعة ، لأنه اذا اصابته الحرارة في المرحلة الاولى ، فهو يأخذ من بين الادوية ما يجده مناسباً ، في المرحلة الثانية » (نفس المصدر ، ص 120) .

هذه الاشارة الى الطب تدل تماماً ان النقاش يقع بآنٍ واحدٍ على صعيد العلم كما يقع على صعيد الميتافيزيك . وهناك ترتيب عقلاني في الكون ، ولأنه معقول ، فان الانسان يستطيع ادراكه وتوجيهه لكي يحقق غاياته ، كما يفعل الله بذاته ان علم الطبيعة والفن البشري يجتمعان هنا . وفي هجوم ضد الاسكندر الافروديسي Alexandre d'Aphrodisias ، تظهر فكرة الفن :

« اما ما يزعمه الاسكندر Alexandre من ان عمليات الطبيعة هي اعلى عمليات الفن ، فيجاب عليه بالتساؤ ل كيف يمكن ان تكون افعال مدهشة وسامية من صنع واقع ميت وعاجز » ؟ .

لا يوجد ابداً مجالان متنافران ومتفارقان الفن والطبيعة بل مجال واحد ؛ واذا كان الفن البشري يتغذى من الطبيعة ، كما هو الحال في الخيمياء وفي الطب ، وهما علمان اهتم بهما الرازي Razi بشكل خاص ، افليس ذلك الا لأنه قد وجد في الطبيعة فن يكتشفه التدخل البشري ليفيد منه ؟

كل هذه الملاحظات تدل على تخمر عقلي ، هو بدون أي شك ، مساعد على نشوء فكر علمي مستقل . ونجد ايضاً عند ابن سينا Avicenne انحرافاً بالأرسطية نحو اسلوب تجريبي أوضح واكثر تصميماً .

مسألة الترجمات : قام قسم مهم من النشاط العلمي عند العرب على الترجمات . فقد ترجموا كتباً هندية وخاصة يونانية . فاقليدس Euclide ، وبطليموس Ptolémée وغاليان Galien هي الأسماء العظيمة التي يذكرونها باستمرار . فقد جمعوا ونقلوا الى العربية كل العلم اليوناني ، بل اننا نعرف عن طريقهم نصوصاً ضاع اصلها اليوناني .

هذا الرجوع الدائم الى المراجع القديمة السيدة ، وهذا السعي الدؤوب وراء المخطوطات ، كما لو ان كل علم الكون موجود فيها جعلت الشك يحوم حول اصالة العلم العربي ، في بادىء الأمر .

والواقع ان ما اضيف الى هذا الارث الضخم ، لا يشكل ، بالمقارنة ، الا اغناءً هزيلاً ، هذا اذا وقفنا عند المنجزات المادية . ولكن تقدم العلوم ، فيما يتعلق بمضمون المعارف . مرتبط بتقدم الفكر العلمي ، وحول هذه النقطة يعتبر العرب الرواد بدون منازع .

الكندي AL - Kindi : لم تكن الترجمة بالنسبة اليهم العمل العبودي ، كما هو شائع عموماً . وقبل ان ندرس المسألة التي تطرحها الترجمة ، من الزاوية العلمية ، نذكر شهادة واحد من اوائل عظماء المفكرين في العالم الاسلامي ، وهو الكندي al - Kindi « فيلسوف العرب » ، والذي كان ايضاً عالماً اصيلاً . في رسالتين له : « رسائل الكندي الفلسفية » يدرس تكون الجليد والبَرَد في الطبقات العليا من الفضاء . ان الاقسام اللزجة من الغيوم ، المتكونة من بخار الماء تجمد بسبب قوة الانحصار من

السطح الخارجي لهذا البخار ، وتحت تأثير القوة الضاغطة بفعل برد الهواء المجاور . هذا الشرح مأخوذ من ارسطو Aristote . ولكن سرعان يطرح السؤال نفسه ، كان ارسطو Aristote قد أثاره ، انما دون ان يصوغه بمثل هذا الوضوح :

« لماذا يتجمد البخار في الفضاء ، ولماذا يبرد الماء المرتفع في الهواء ، في حين ان طبيعة الهواء مكونة من الحرارة والرطوبة ، كما وان الهواء مسخن بحركة الكرة ؟ . . . » (II ، ص 90) .

هذه الأسئلة رغم صغرها وبساطتها ، عند من يعرف علم الكائنات الطبيعية ، ورغم ان حلها قريب جداً ، تبدو بعيدة عن اولئك الذين لا يتبعون سبيل العلوم الطبيعية ولا يعرفون مبادئها . ولهذا فهم يعتبرونها مثيرة للمصاعب وللضيق الكبير ، بحكم انها تناقضات يصعب توضيحها . فهم يقولون بهذا الشأن : ماذا ؟ هل حرارة الأرض سببها حركة الكرة ، وما هو اقرب من هذه الحركة هو ابرد مما هو اكثر بعداً عنها ؟ ان في هذا لتناقض واستحالة » . (II ، ص 91) .

من ذلك ان قراءة الأقدمين ، باليونانية أو العربية ، عندما لا تبحث في ابعد من النص ، تضايق الفكر غالباً ، ولا تغني عن اللجوء الى دراسة الطبيعة دراسة مباشرة . بل هي تدعو اليها ، لرفع التناقضات التي تظهر فيها . ان المعرفة الكتبية غير كافية ، بل هي مؤذية ومفسدة ؛ « يجب متابعة طريق العلوم » ان اردنا الفهم .

« إن الشيء المجهولة مبادئه ، واسبابه ودوافعه ، يجب اليأس من ادراك حقيقته العلمية . وربما لا يوجد جاهل بهذه النقطة ، اكبر من ذاك الذي يكوِّن ملاحظاته نقلاً عن كتب علماء العصور القديمة ، خاصة في هذه المواد (علوم الطبيعة) والذي يرغب من وراء هذا الحصول على الحقيقة التي يبغيها حول هذه الأسئلة ، دون ان يمر بالعلوم التي تسبقها في الترتيب . . . » (II. ص91).

وهكذا لا يكون تمثل العلم القديم ممكناً الا اذا كانت المبادىء قد اعيد التفكير فيها ، والمعارف المختلفة قد نظمت بعضها بالنسبة الى البعض ككل متماسك . ولا يجب الاكتفاء بالحرف . يجب فهم النص وتقديره وهذا العمل يقع بصورة اساسيّة على الترجمة .

والتفسير الذي قدمه الكندي Kindi عن الصعوبة التي اثارها ، يفهم كيف استطاع العرب ، مع احتفاظهم بمعجمية مرتبطة بنمط قديم من التفهيم ، وعن طريق الشرح ، ان يعطوا للنص قيمة تفهيمية جديدة . النار وحدها ساخنة بصورة مطلقة . اما الهواء فحار فقط بالنسبة الى الماء ، كما ان الماء ليس بارداً باطلاق ، بل بالنسبة الى الهواء .

« تصبح الأرض واجزاؤها حارة (نارية) بسبب الحركة الدائرية (للكرة) بحيث تصبح اكثر سخونة من الهواء ، وان الهواء بالنسبة اليها يصبح اكثر برودة . وهذا ما يحدث بالنسبة الى الحواس : عندما نأخذ ماءً قليل السخونة ولكنه اكثر سخونة من سخونة جسدنا ، ونصبه على احد اعضائنا في نقطة باردة . فاننا نحسه ساخناً الى حدٍ ما . ولكن ان دخلنا في حمام شديد الحرارة ، ثم صببنا من هذا الماء على جسدنا فاننا نحسه بارداً » (II ، ص 97) .

نستفيد من هذا المثل المرونة التي اصابت مفهوم الصفات الأولية ، التي لعبت دوراً كبيراً في الفيزياء والكيمياء والطب عند العرب كما عند اليونانيين . وكان الطريق مفتوحاً امام التكميم ، وتراجعت الصفة المطلقة ، الميتافيزيكية ، لهذه المفاهيم : البرد والحر والجفاف والرطوبة ، امام اعتبارات ، وان لم تتوصل الى الغائها ، فقد لينتها لتتلاءم مع مقتضيات الوقائع .

لا شك ان هذه المقاطع عن الكندي Kindi ليست ترجمات رغم انها تحيل الى نصوص دقيقة للغاية . ولكن المترجمين ، عندما حاولوا ايجاد معادلات عربية للمعجمية اليونانية ، اضطروا غالباً ، الى تمرير افكار جديدة تحت غطاء كلامي قديم . وهذا الاستحداث كانت تفرضه عملية الترجمة .

المسألة اللغوية والصناعية المعجمية (لكسيكوغرافيا) : عند نقل نص علمي من لغة جرى التفكير فيه ، بها إلى لغة اخرى تساويها في التجهيز ، قد تحدث مصاعب نحوية وصرفية من دون المصاعب التقنية أو المفهومية . وذلك لم يكن شأن اللغة العربية في مواجهة اليونانية : إذ توجب جزئياً خلق معجمية ، ثم جزئياً اعادة تقويم مجموع الكلمات المستعملة تبعاً لمقتضيات العلم . صحيح انه كان هناك في الغالب وسيط من السريانية ، وهذه اللغة السامية كان بامكانها تعبيد الطريق امام العربية . وبصورة تدريجية تكونت لغة علمية عربية . ولكن هذا العمل لم يكن فيلولوجياً خالصاً . فقد اقترن في اغلب الأحيان ببحثين يساعدان جداً على نمو الفكر العلمي : تحديد ماهية المفاهيم تم تمحيصها .

ان اللغة العربية غنية غنىً مسرفاً . ان عدد وتنوع المرادفات يقدم تلوينات دقيقة محددة جداً كان لها في بادىء الأمر قيمة شعرية اكثر مما هي علمية .

من ذلك ان ابا زيد الانصاري Abu Zayd aL - Ansarii في كتابه « كتاب المطر » عدد كل انواع الأمطار ، واعطى تفصيلات وصفية هي نتيجة ملاحظات دقيقة ، وذكر اشعاراً قالها شعراء تدليلاً واثباتاً .

وكذلك ابن دريد الأزدي Ibn Durayd aL - Azdi (القرن 9) في كتابه « وصف المطر والسحاب » قدم معلومات مفيدة حول الأسماء التي كان العرب في الجاهلية قبل الاسلام ، الرواد بحثاً عن (المرعى والمقام).يطلقونها على الغيوم سنداً لاشكالها والوانها . فهناك السحابة ذات القسم الأسفل السميك الكثيف مع لون اسود غامق جداً ميال الى الحمرة (الغمام الجُون) أو ذات الوسط المكون في نفثات ملتفة (ارهاء) الشديدة التدوير ، وذات القسم الاعلى الابيض الصاعدة عالياً في السماء (الباسقة) . وبموجب حديث عن الرسول انه اعلن عن مطر يحيي الربيع (حيا للربيع) ينعش الأرض ، وينبت العشب . وتشبه هذه الغيمة كتلة من اللحم الطري في حالة الانحلال (لحم الضأن) . قسم يتماسك وقسم يتمزق . وهناك السحابة السوداء (احماوما) ، التي يمزقها البرق ، الشبيهة « بالغشاء الثاني لناقة تلد » (حيولاء) ـ انها جلد مملوء بالماء ـ تتحرك ببطء : ومعها لا يخشى من مطر مباشر وآني . وهناك الغمامة التي تسد الأفق « السد = الصد » ؛ وتلك التي تتمطى فوق الأفق (العارض) ؛ وهناك الغمام المتراكم كالتلال (الركام) ؛ وهناك الفوارق وهي غيوم صغيرة تنفصل

عن الكتلة الغمامية كما تنفصل ناقة لكي تلد ؛ والهيدب ، المعلق فوق الأرض ، مرتبط كالشرابة بعجز غمامة كبيرة . ونفس الدقة في الملاحظة لوصف البروق : فهناك التي تلمع ضعيفة كما لو كانت مخبأة داخل غمامة ، انها « الخفو » ؛ وتلك التي تلمع وتضيء السماء كلها ، « الوميض » ، واخيراً تلك التي تشق الغمام ، وتمتد عبر السماء وتسمى « العقيقة » . وهكذا تنقسم الأمطار : القتقت ، وهي الأخف ثم الرذاذ أو الطش والبغاش (البغش) ؛ وهي امطار ناعمة مؤلفة من حبيبات تتساقط متسارعة نوعاً ' ؛ ثم تأتي الأمطار الغزيرة : الديمة التي تدوم عدة ايام بدون انقطاع ؛ ثم الوابل ، وهي سيل غزير ، تضرب نقاطها الأرض بقوة . وهذا نموذج صغير من اسماء مختلف الأمطار . فضلاً عن ذلك ان هذه الأسماء كثيرة العدد ، حتى ان علماء اللغة ليسوا دائماً على وفاق بشأن معانيها الصحيحة . . وتعطي « روزنامة قرطبة » اسماء الأمطار بالنسبة الى الفصول التي تهطل فيها : الصيف : في بداية الربيع (آذار - نيسان) ؛ الدفئي أو دثائي ، في آخر الربيع (ايار حزيران) ؛ الحميم ، أو الرمضي أو الشمسي ، في الصيف (حزيران - ايلول) ؛ الوسمي في الخريف (ايلول - تشرين الثاني) ، الربيع ، في الشتاء (تشرين الثاني - اذار) ، وايضاً اثناء بقية الفصول عندما تنبت العشب .

ونقدم مثلاً آخر مستمداً من « فقه اللغة » للثعالبي (961 - 1038) بالنسبة الى شجرة النخيل . عندما تنبت على ضفاف الماء ، فانها تسمى الكارعة ؛ والنخلة المبكرة التي تعطي البلح ، على صغرها تسمى مهتجنة ، والمهجنة هي البلحة الانثى المخصبة لأول مرة من لقاح البلح الذكر . واذا اعطت ثمارها مرة كل سنتين فهي الصنهاء ؛ واذا كانت رطبها ، عندما تأخذ في النضج(البُسر) تقع وهي ما تزال خضراء فهي الخضيرة . واذا نُسّلَ اسفلُ جذعها وتعرت قاعدة سعفها (كراب) من القشر فهي صنبور (بلحة عجوز قلَّما تحمل التمر) ؛ وان هي انحنت بحيث توجب دعمها فهي « رجبية » . وان هي نبتت معزولة عن بقية النخيل فهي « عوانة » . وعندما تكون النخلة بشكل فسيلة فهي فسيلة أو ودِّية . وعندما يكون لها جذع ، وتكون قد انهت نموها واخذت تحمل الثمار فهي جبارة ، وعندما تكون عالية جداً فهي رقلة أو عيدان .

وقد تميز الأصمعي AL - Asma'i (740 - 828) وهو فيلسوف عربي بهذه البحوث اللغوية . كتب وصفاً للحمار ، والثور والابل ، والكلب والزرافة ، والأسد ، والذئب والثعلب والأرنب . وخصص كتاباً للخيول ، وآخر للضأن ، وثالثاً للجمال . وكل هذه النصوص ، تدخل بحق ، في فقه اللغة (فيلولوجيا) وليس في مجال التاريخ الطبيعي . ولكنها تعبر من خلال المعاني الدقيقة للكلمات ، عن الملاحظات التي وضعها قدماء العرب لغايات انتفاعهم . وهي تدل على ان لغتهم تقدم مادة لفظية بهدف خدمة الأهداف العلمية .

وقد احصى علماء اللغة كلماتها كما يحصى العلماء المعرفة . وهذان المشروعان متوازيان . وسواء تعلق الأمر بالتربة المعدنية (الركاز) أو بالنبات أو بالحيوان أو باجزاء الأجسام الحية . وهذه الكاتالوغات من الكلمات تصبح انواعاً من الكتب التصنيفية . لا شك ان هذا التصنيف لا يتوافق تماماً مع ما يمكن ان نتوقع من منهجية علمية ، الا انه لا يبعد عن الطريق ، ويقدم معدات مفيدة ولا شك .

الترجمة والتثبت : طرحت الترجمة مسائل تتعلق بالمطابقة . ويذكر مثل التفتح عند ديوسكوريد ، وهو تعبير يدل التزهر المعدني ، وقد شبهه ابن البيطار Ibn al-Baytar بالتوتيا عند الخيمائيين ، وهو اوكسيد الزنك . وفي مكان آخر تعلق الامر بالنباتات وبالحيوانات التي يصعب تحديدها ، وكان على المترجمين والشارحين ان يقوموا ببحوث في المصطلحات وعلى الطبيعة . وهذا ما حصل بشأن ترجمة « المادة الطبية » لديسكوريد . وقد اهتم ماكس مايرهوف Max Mayerhof بشكل خاص بهذه القضية . ويخبرنا الطبيب الاسباني ابن جلجل Ibn Juljul ان أول مترجم لهذا الكتاب اسطفان بن باسيل Istifan ibn Basil ، نقله رأساً من اليونانية الى العربية . « وقد احسن الترجمة الى العربية للاسماء اليونانية التي كان يعرف مقابلها العربي . ولكنه بالمقابل « ترك باللغة اليونانية الكلمات التي لم يكن يعرف مقابلها العربي » . وصحح حنين بن اسحاق Hunayn ibn Ishaq هذا العمل . وفيما بعد قدم امبراطور بيزنطة الى عبد الرحمان abd al-Rahman الثالث ، خليفة قرطبة ، مخطوطاً يونانياً مزيناً بالصور لكتاب المواد الطبية » (materia medica) .

كتب مايرهوف Meyerhof : « وانكب الأطباء والمتعددو اللغات على العمل ، للتثبت من الكلمات النباتية وغيرها التي لم تترجم الى العربية من قبل الاطباء المترجمين في بغداد . وانضم اليهم ايضاً العديد من الأطباء والمعشبين ـ من المور ـ الأسبان ونجحوا في تعريف وتحديد غالبية الأدوية التي اشار اليها ديوسكوريد Dioscoride . واكمل ابن جلجل Ibn Juljul بنفسه عملهم . . . » (الشرح . . . مدخل ص 7) .

وبنفس المناسبة ، اغنيت هذه المادة الطبية بشكل فريد بنباتات ومستحضرات من فارس والهند وكذلك من اسبانيا ، وكتب الجغرافي الكبير الادريسي al - Idrisi انه جعل من كتاب ديوسكوريد Dioscoride قرآنه وانه عكف عليه بحماس ، حتى حفظ عن ظهر قلب مضمونه العلمي ، بعد ان تثبت من كل ما اغفله ولحظ ما استثناه . . . » (م . مايرهوف) M.Meyerhof .

وفي العلوم المحضة ، يُلاحظ ايضاً ، ان العلماء العرب ، رغم اتباعهم للأقدمين ، قد حرصوا على اعادة النظر بالحسابات والقياسات . وهكذا اعادوا مرتين قياس قوس خط الهاجرة الأرضي دون ان يكتفوا بالرقم الذي قدمه اراتوستن Eratosthène ، محاولين دائماً ان يصلوا الى تقريب ادق واعمق . ووضع البتاني AL - Battani ، بما اشتهر عنه من فكر نقدي ، نظام بطليموس Ptolémeé مع ادخال بعض التصحيحات عليه . واستمر هذا العمل التصحيحي في الشرق وفي اسبانيا من القرن 15 ، مستفيداً من الاكتشافات الجديدة مع تقديم تقديرات اكثر كمالاً ومع الاحتفاظ بالأسلوب وبالطريقة البطليموسية ، بحسب تعبير فر . سترونز Fr.Strunz .

وبالتالي ان احترام العمل العلمي اليوناني لم يحد من ذكاء العلماء العرب ويقصرهم عند موقف احترامي سلبي . فقد حاولوا التثبت بدقة من كل ما ورد في كتب الأقدمين ، وعملوا بدون تعب على تحديد الماهية وعلى التثبت ، وعلى التصحيح ثم على التخفيف من التقريبات واخيراً على الاستكمال . هذه المعرفة ذات المنشأ الكتبي ، تنفتح على نشاط ضخم في الملاحظات الانتقادية ، حيث يمكن ان

يُرى بحق استيقاظ مدهش للفكر العلمي .

وتجدر الاشارة هنا ، الى جانب عمل علماء اللغة ، الى عمل الجغرافيين ، والمسافرين وعلماء الفلك، هذا العمل الذي كان يسير بنفس الاتجاه . فهؤلاء المفكرون المستطلعون لم يقصروا ، وهم يصفون مختلف انحاء الكون ، في ان يشيروا وان يصفوا عجائب الطبيعة ، ومنتوجات الأرض وحيوانها ، وصفات الزراعة ، والممارسات المهنية . وكان في عملهم هذا اساس ضخم يتكون . فضلاً عن ذلك كان بعض هؤلاء الجغرافيون علماء كبار ، متضلعين في كل العلوم مثل البيروني Al-Biruni المشهور . وفي كتب الخيمياء ، وكتب الاطباء والصيادلة ذكرت مستحضرات عديدة سنداً لمكان مصدرها .

اللغة العربية والعلوم المحضة : من الناحية الفلسفية ارتدت فكرة العلم المحض ، عند العرب قيمة جديدة . لقد اصبحت اللغة العربية ، بفعل الفتح لغة علمية دولية ، وورثت من كل الحكمة الآسيوية السابقة على الهيلينية . وتحتم عليها ، لكي تعبر عن هذه الحكمة ، ان تكون لنفسها مصطلحية من التعابير المجردة ذات النماذج المضبطة بحسب الأسلوب اليوناني . ولكن عدا عن المسائل اللفظية التي طرحتها عملية الترجمة ، تجب الاشارة الى ان اسلوب تمثل المعارف الأجنبية قد حكم بالبنية النحوية الصرفية في اللغة العربية ، وهي لغة ساميةٌ صافية جداً .

وكان من نتيجة صفة اللغة هذه انها مالت بالمعارف التي تعبر عنها ، ناحية الفكر التحليلي الذري الظرفي الحكمي . ودلت دراسة حديثة على ان التضمين (اي رد المتنوعات الى ضرب من التجانس في دلالة الالفاظ ومفهومها) يعرض كيف ان اللغات السامية تميل الى الصياغة الموجزة التجريدية « الجبرية » . انها تنزع الى «الجبرية» بعكس الجيومترية الآرية (راجع ارابيكا ، دفتر رقم 1) . وبالفعل يمكن للفكر ان يتجسم مع موضوعه في الفضاء ، كما هو الحال بالنسبة الى التشكل الفيثاغوري للأعداد . كما ان هذا الفكر قد ينكفىء على ذاته في الزمن الخاص به فيبني فيه موضوعه (راجع زمن التخطيطية الكانطية) Kantien .

ان اللغة العربية التي تساعد على هذا التضمين للفكر ، كانت بصورة خاصة مهيأة للتعبير عن العلوم المحضة ثم تطويرها في الاتجاه الذي كان تاريخياً هو اتجاه تقدم العلوم الرياضية : الانتقال من حساب ومن جيومترية استلهامية ، شبه تأملية سبق وتكونت عند افلاطون على تأمل الطبيعة والجواهر المدركة ، الانتقال من كل ذلك إلى علم ذي بناءات جبرية فيه تتحد الجيومتريا مع الحساب. وقد نفرت اللغة العربية من رسم شبكات التشعبات التي تلحظ كل الاستلحاقات وكل العلاقات المرتبطة بالافكار ، وفضلت عليها المنطق ، ذا الاصل السامي والذي دخل الى الفلسفة الهيلينية مع المدرسة الرواقية ، منطق العيادين القائم على توسيع المفاهيم . ان الدقة التي سعى إليها رجال العلم العرب ، لم تكن شمولية المتوافقات المتطابقة المطروحة بصورة مسبقة . انها تعداد المجموعات الاستثنائية الشاذة التي أتاحت لهم ملاحظاتهم المستمرة بدون كلل جمعها .

وأنه لذو دلالة أن يستخدم المفكرون العرب ، في البداية ، القياس الرواقي الذي قال به الذريون اليونان والهنود ، ولم يعتنقوا الا فيما بعد ، ومع الخشية الدينية أيضاً التي ما تزال موجودة لدى

المدرسيين المسلمين الاصوليين ، القياس الكلاسيكي الارسطي . ولكن كل التاريخ ، تاريخ الفكر العلمي العربي ، يعكس صراعاً دائماً بين مدرستين متنافرتين : المدرسة الذرية المنطقية الرواقية في مقابل تجسيدية مادية (هيلومورفيسم Hylémorphisme) مشائية . وإذا وسعنا هذه الذرية العارضة المناسباتية التي نادى بها اول المدرسيين في الإسلام ، لتشمل الرياضيات ، فان الفكر العربي قد اسقط الأعداد ، ليس ضمن المستمر الفضائي الذي هو جامد ومغلق بحسب المفهوم اليوناني ، بل ضمن مدة مفتوحة وبقاء غير محدود بحيث تبدو هذه الاعداد وكأنها خطوط نجومية متقطعة الانات (جمع آن) ، وذات زخم « كمي » وذات فعالية قابلة للسيطرة . إن علم الحساب العربي ينظر الى الاعداد وكأنها « حبات كمية » معزولة ، ومنفردة دقيقة ، لها ، في حقل الاحداث التي تحدث ، الاثر والفعالية التي تعطيها اياها مرتبتها المحددة ضمن السلسلة المتناهية . وسواء تعلق الامر بالسلسلة العربية الشهيرة المسماة متتالية فيبوناغشي 34,21,13,8,5,3,2,1...., هذه السلسلة المهمة من الناحية البيولوجية (فيلوتاكسي Phyllotaxie ؛ وهي قاعدة نمو الكائنات الحية) او تعلق الامر بنسب محددة مكتشفة بصورة تجريبية عملية ، من قبل الخيميائيين الاعداديين ، او بالتكرار الدوري (960,280,140 سنة شمسية) والمرصودة في النجوم ، فالاتجاه العربي والسامي يميل الى اعتبار بعض الاعداد وكأنها مفيدة بشكل خاص للبحث التجريبي .

وبعد درس التأثير السامي في صفة اللغة العربية على منهجية البحث والتعبير في العلوم المحضة ، يبقى أن نفحص ، من نقطة أكثر عمومية ، كيف تم الانتقال البيداغوجي للعلم بحيث أصبح جبرياً . وهنا مجال للتفكير بأن تغليب « علم الجبر » هو نوع من « العلمنة الاسمانية » ، للصفة الباطنية الخاصة التي ارتداها انتقال « أسرار المهنة » في زمن بدت فيه ، بسبب انعدام المطبعة ، مكاتب النساخ عاجزة عن تصوير الصيغ الكيفية تصويراً صحيحاً . وأكثر من ذلك . ان الحروف الـ28 في الألف باء العربية ، عدا عن قيمتها الصوتية ، وعدا عن قيمتها الحسابية التي تنمحي بصورة تدريجية أمام الاستعمال المتزايد للحروف « الهندية » ، هذه الحروف العربية لها قيمة دلالية ضمن سلسلة الافكار الطبقات ، الـ 28 التي تطلسم « النظرة العالمية » (ولتنشونغ Weltanschauung) لدى المفكرين العرب .

أن الحقبة العربية هي بالتالي مجيء التحليل العقلي التجريدي الذي « يجبرن » بواسطة الابجديات العددية : كل حرف « يمكن أن يحرك » الموضوع المرقم بالعدد الصحيح الذي يرمز اليه ، وذلك بواسطة جمع العناصر الكسرية الذي يؤدي جمعها إلى إعطاء هذا العدد الصحيح . ونشير هنا الى « الآلة المدهشة التي تفكر بالاحداث » ، والتي بناها المنجمون العرب تحت اسم (Zairja) وقد درسها ابن خلدون Ibn Khaldun ، وقلدها ريمون لول Raumound Lulle في كتابه الفن العظيم Ars Magna وقد اعجب بها أيضاً ليبينز Leibniz .

ورغم أن القوننة للمنطق قد اخرت بصورة تدريجية الابجدية الفلسفية واخرجتها من كتب العلم العربي، بحيث انها أي الابجدية قلما وجدت الا عند الشيعة التلفيقية أو التأليفية الاسماعيلية ،

فقد ظلت كامنة بصورة ضمنية في كل ردة فعل « غنوصية » وحكمية في الفكر الاسلامي . انها منطلق لهذه الحركة التي ادت بفضل لول Lulle وليبنيز Leibniz ولامبير Lambert الى تأسيس علم الحساب المنطقي ، الى درجة ان علم اللوجستيك (منطق رياضي) بعد الجبر ، قد تأتى عن هذا الاتجاه الذي اعطاه العرب للعلوم المحضة ، ومن الشكل أو الصيغة التي فرضوها على كيفية انتقال المعرفة .

والخلاصة : نرى بسهولة ان فكر العلماء العرب في عالمهم ، ومن اجل الاسباب التي حاولنا ان نستخرجها ، قد وجها العلم نحو شكل جديد ، نحو علم عملياتي ، هو أول نواة لعلم مختبري . ان الانشغال بتحديد ماهية العلم ، والتثبت منه عن طريق الملاحظة ثم الوصف والقياس الدقيقين ، هذا الانشغال قوى ونمى العقل العلمي . يضاف الى ذلك حبٌ ضخم للفضول ونزعة واحترام عميق للمعرفة ، وعندها نفهم كيف أن العرب لم يحفظوا فقط ولم ينقلوا فقط علم الاقدمين ، بل حولوه وركزوه على أسس جديدة . لقد اثبت ب . كروس P.Kraus كيف فضل الرازي Razi المحدثين على القدماء وكيف وضع نظرية في تقدّم العلم : وبخاصة كتابه « دوبيتاسيوني » (Dubitationes) عن غاليان (Galien) .

III ـ حول حقبة العلم العربي

انتشار العلم العربي ـ تقع حقبة العلم العربي الكبرى عملياً بين القرن 8 والقرن 12 من عصرنا . وبخلال هذه القرون الـ 5 كان العلماء من اصحاب الثقافة العربية هم ورثة اليونان وهم اصحاب المعرفة ومقدموها . واعمالهم بعد ترجمتها الى اللاتينية ، سوف تطلق في الغرب الحركة الفكرية الكبرى التي ادت الى نهضة القرن 18 الرائعة . وبعد ذلك قام فلاسفة وباحثو البلدان المسيحية باستلام زمام المبادرة . واذا كان العالم الاسلامي ما يزال يضم علماء لا يمكن اغفالهم ، فان حقبة بهاء العلم العربي قد مضت : فمنذ 1136 استولى على قرطبة عاصمة الثقافة في الغرب المسلم، فردينان Ferdinand الثالث ملك قشتاله وليون Léon، وبغداد سوف تسقط امام ضربات المغول بقيادة هولاكو Hulagu سنة 1258، بحيث لم تقم لها قائمة . وظل علمٌ بهيٌ يشع طيلة اكثر من قرن ، سواء في جنوب اسبانيا وافريقيا الشمالية ام في امبراطورية المماليك ، في حين ان الموجتين من الغزو المغولي : غزوة هولاكو Hulagu في منتصف القرن 13 وغزوة تيمورلنك Timur'Lang في النصف الثاني من القرن 14، قد اتبعتا بتجديد قصير الاجل .

في هذه الحقبة الطويلة من الزمن الممتدة من القرن الثامن الى منتصف القرن 15، هناك مجال لادخال تقسيمات فرعية هي بآنٍ واحد تاريخية وجغرافية . لقد كان الشرق في باديء الامر مهد المعرفة ، وبغداد مركزها . فمن فارس ومن الهند ومن سورية ومن مصر كان العلماء يتدفقون الى مدينة العباسيين . وقد شعت بغداد ، اما بتأثيرها المباشر ، أو بمكانتها ، على كل امبراطورية الخلافة . ولكن بعد الاستيلاء على اسبانيا من قبل الامويين ، ولدت حول قرطبة ، حضارة عربية اندلسية ، أصبحت بعد القرن العاشر قادرة على منافسة روائع الشرق . ونما شكل من الفكر الاصيل ، وتجسد في الاعمال الكبرى التي توصلت الى الحلول محل أعمال سادة الشرق . وإذاً لقد انتقل العلم العربي وانتشر من

الشرق الى الغرب ، وبفضل اسبانيا خاصة ـ وصقلية عرضاً ـ انتقل العلم العربي الى أوروبا . أما الطريق الشرقي الذي فتحته الحروب الصليبية فيبدو ذا أثر ثانوي .

نمو العلم العربي : من الناحية التاريخية نشير الى أن العلم العربي لم يصل الى ذروته مباشرة بل كان لا بد له من حقبة تمثل وتكيف . ولم يوجد يومئذٍ ، كما هو اليوم . علم دولي يتبع طريقه ، غير متأثر بالمعترضات السياسية . لقد كان هناك علم يوناني وعلم فارسي ، وعلم هندي وعلم صيني .

وكان الفاتحون العرب، بدون ثقافة فلم يتقيدوا بحركة بحث موحدة ، كان يمكن لها أن تستمر متطورة بهم وبدونهم . والفضل الاساسي الذي سجله العرب هو بالضبط أنهم أعطوا ، وكانوا في ذلك أولين ، للعلم هذه الصفة الدولية التي ، تبدو لنا في أيامنا هذه وكأنها صفة من صفاته الاساسية . فلا فتوحات الاسكندر ، ولا فتوحات الرومان ، لم تتغلغل في الشعوب بمثل العمق الذي كان للفتوحات العربية ، ذلك أن محاربي الصحراء قد جلبوا معهم إيماناً دينياً حياً ؛ وكانت لغتهم ، لغة الوحي القرآني عاملاً رئيسياً في نهضة العلم وثورته . وسرعان ما أصبح كل مكتوب يريد لنفسه القيمة والبعد العلميين ، يجب أن يكتب باللغة العربية .

العلم العربي ما قبل الاسلام : لقد ذُكِر لنا أن القبائل العربية قبل الإسلام كانت تجهل العلوم . لا شك أن معارفهم كانت تقتصر على وصفات ، في أغلب الأحيان مشوبة بالسحر ، وعلى أعراف وعادات عملية .، إلا أن القبائل لم تكن تعيش على الهامش . فقد كان القرشيون (Koraichites) بصورة خاصة ممسكين بتجارة الادوية والطيب ، وهذه النشاطات كانت تجعلهم على علاقة مع الهند ومع فارس ويذكر البيروني (Biruni) في كتابه « مدخل إلى كتاب الأدوية » أن تجار هذين الصنفين كانوا يطلق عليهم اسماء مستمدة من المهن المصنفة ، في المناطق وفي المرافىء حيث كانت تتم عمليات المتاجرة . من ذلك ، أن بائع العنبر كان يسمى أو الشلاحيطي (Al — Shalahiti) نسبة إلى بحر الشلاحيط (Bahr — shalahit) ،وهو الاسم الذي يدل على القسم الجنوبي من طريق ملقه (Malacca)، أو يسمى الشحري (Al-Shihri) من كلمة « الشحر » وهي اسم لمنطقة او مرفأ وفي حضرموت (Hadramaout) . وكانت ملقه (Makalla) وعدن (Aden) على إتصال دائم بالهند . وكان تجار الأدوية ينقلون معهم «أساليب الصنع » التجريبية العملية . ومن الممكن أيضاً أن يكونوا قد نقلوا معهم معلومات طبية وصيدلانية ونباتية أو معدنية حسنة المعايير . وكان أول طبيب عربي ، الحارث ـ Al) (Harith، معاصراً للنبي محمد ، من قبيلة الثقفيين (Thaqifi) من الطائف ، وكانت الطائف على درب القوافل . وقد سافر الحارث الى بلاد الهند وذهب الى فارس حيث درس وعلّم في مدرسة جندي شابور الشهيرة .

جندي شابور (Jundishapour) وبغداد : تاريخ الحارث يدلنا بشكل خاص أن شهرة جندي شابور امتدت حتى قلب شبه الجزيرة العربية . فقد أسس الساسانيون (Sassanides) في هذه المدينة مدرسة للطب . وفي هذه المدرسة وجد النسطوريون ، في القرن الخامس ملاذاً بعد أن طوردوا من مدرستهم في أديسا من قبل الأرثوذكسية

البيزنطية . وفيما بعد ، وبعد اغلاق مدرسة اثينا من قبل جوستينيان (Justinien) سنة 525 ، انتقل الفلاسفة الذين كانوا يعلمون فيها الى جندي شابور حيث استقبلهم كسرى أنو شروان (Khosroès Anushirwan) فيها . وهذا الأمير نفسه ارسل بعثة ثقافية الى الهند واستجلب منها معلمين . وأصبحت جندي سابور مركزاً يجتمع فيه التراث العلمي اليوناني والأشوري السرياني والفارسي والهندي . وفي هذا البلد بشكل خاص بدأت عملية ترجمة الكتب اليونانية الى السريانية . وفي هذا البلد أيضاً إضافة إلى بلدان أخرى حصلت الترجمات الأولى الى الدول العربية بعد الفتح الإسلامي .

وبعد تأسيس بغداد من قبل الخليفة العباسي أبو جعفر المنصور Abu Ja'far al – Mansur سنة 762 ، لعبت مدرسة جندي سابور دور مركز الاشعاع الضخم . ولكن بغداد اصبحت بدورها مركز النشاط الفكري ، وجمعت تراث التأسيس الساساني . والى بغداد انتهت تركة مدرسة الاسكندرية ، بعد أن مرَّت بحران Harran ، مدينة الصابئة ، حيث كان يدرس بشكلٍ خاص علم الفلك وعلم الرياضيات ، وحيث تمت ترجمات عديدة عن اليونانية . وأسس المأمون في بغداد أكاديمية للعلوم . وكان يهتم كثيراً بعلوم الطبيعة وكان يشجع التبادل الثقافي مع الهند بواسطة علماء فرس وهنود . ولقد استجلب يحيى بن خالد البرمكي Yahya ibn Khalid الأطباء والفلاسفة من الهند كما يذكر كتاب الفهرست . وكانت بغداد حاضرة العلم في الشرق . ورغم تراجع امبراطورية الخلفاء العباسيين بصورة تدريجية ، فقد ظلت ذات بهاء واسع إلى أن تمت استباحتها من قبل المغول .

القرن التاسع والقرن العاشر : ليس من الممكن في تطور العلم العربي ، التمييز بوضوح بين حقبة الترجمة وحقبة الانتاج المستقل . وعلى العموم كان لا بد من الترجمة أولاً . وكان كبار التراجمة من القرن التاسع والقرن العاشر . ولكن أعظمهم مثل حنين بن اسحاق (Hunayn Ibn Ishaq) في القرن التاسع ، كتبوا كتباً أصيلة . فضلاً عن ذلك وفي كل الحقب كان التراجمة والباحثون يتعايشون معاً . وأخيراً لم يكن استقلال البحث كاملا في أي زمن. والصحيح أنه حدث بهذا الشأن موجتان متتاليتان في صعود العلم العربي . الموجة الأولى : التي غطت نهاية القرن الثامن والقرن التاسع ، هي بحسب تعبير سارتون (Sarton) موجة حماس من أجل إكتساب المعارف ومن أجل البحث. وفي القسم الأول من القرن العاشر ، ضعفت الاندفاعة رغم عدم تراجعها . وفي النصف الثاني من هذا القرن ظهرت الموجة الثانية من النشاط الزاخم ليس في الشرق فقط بل وفي مصر، حيث أسس خليفة فاطمي في القاهرة أكاديمية تكاد تشبه أكاديمية بغداد « دار الحكمة » . في هذه الاثناء كانت العلوم في اسبانيا في اوج إزدهارها بفضل رعاية الحكم الثاني الذي جمع فيها مكتبة ضخمة .

ونذكر هنا ان الترجمات الاولى ، والاعمال العلمية الاولى كانت من صنع المسيحيين : يوحناYuhanna أو يحيى ابن البطريقYahya .b.Batriq (حوالي 815) ترجم كتاب متيورولوجيكا Meteorologica لأرسطو d'Aristote . وهذا الكتاب لعب دوراً كبيراً عند الخيميائيين . وقسطا ابن لوقا Qusta b. Luqa (حوالي 912) وترجم كتباً في الرياضيات وعلم الفلك . وحنين ابن اسحاق (809– 877) ترجم بصورة خاصة كتباً طبية لهيبوقراط Hippocrate ولغاليان Galien . ودرّب ابنه

اسحاق ابن حنين Ishaq b.Hunayn وحفيده حبيش Hubaysh على الترجمة . وكان هناك العديد من عائلة بختيشوع Bakhtyashu، وبصورة خاصة جرجيسGirgis وجبريلGibril اللذين ترجما كتباً طبية ايضاً . وشارك في هذا العمل ايضاً اليهود والصابئة الحرانيون مثل ثابت ابن قرةThabit b.Qurra. ثم قام المسلمون بالعمل (ومنهم الكنديAl – Kindi الذي عرف السريانية وربما اليونانية) وقد جرت الاشارة الى أن الاطباء الاولين في القرن الثامن ، المعروفين من الخلفاء والوزراء والامراء ، كانوا بصورة خالصة من المسيحيين واليهود .

وفي القرن التالي ظهر المسلمون فشكلوا الاكثرية في القرن العاشر .

من القرن الحادي عشر الى القرن الخامس عشر : كان القرن 11 اكثر القرون بهاءً بفضل الشخصيات العلمية من الدرجة الأولى فيه : منهم الفلكي ابن يونس Ibn Yunus ، والرياضي والشاعر عمر الخيام Umar Khayyam ، والفيزيائي ابن الهيثم Al – Haytham، واخيرا العبقريان العظيمان اللذان انتجتهما الحضارة الاسلامية وهما ابن سيناIbn sina والبيروني Biruni. وفي القرن الثاني عشر استفاد العلم من الدفق الحاصل . وقد ازدهر بشكل خاص في الغرب المسلم مع ابن رشدIbn Rushd وابن زهر Ibn Zuhr وموسى ابن ميمون Maimonide، يهودي قرطبة الذي سكن في القاهرة سنة 1165. وبنهاية القرن الثالث عشر انتهت الحقبة العظيمة للعلم العربي.

وعلى كل وفي حين استمر النشاط العلمي في مملكة غرناطة ، وفي افريقيا الشمالية وفي مملكة المماليك في مصر، عرف الفتح المغولي على يد هولاكو Hulagu، تطوراً علمياً في الشرق مع نصير الدين الطوسي Al - Tusi وكل العلماء الآخرين في مرصد مراغه Maragha . وكذلك عقب الخراب الرهيبَ الذي رافق في النصف الثاني من القرن الرابع عشر فتوحات تيمورلانك (Timurlang) ، ازدهارٌ رائعٌ ، وإن كان قصيراً لمرصد سمرقند ، وهو الشاهد الأخير الجدير بالذكر في علم سائر الى الانحدار تماماً .

في هذه الاثناء تولى الغرب المسيحي ، المحفوز والمغتني بالتراجم العديدة اللاتينية للكتب العربية ، هذا الارث الثقيل ، وسار ببطء بالفكر العلمي نحو مناهج ونحو اكتشافات عصر النهضة .

***

وباتباع التقسيمات الكبرى التي اتبعها ج. سارتون (G. Sarton) في المجلدات الثلاثة من كتابه مدخل الى تاريخ العلم ، سنقدم لوحة موجزة باسماء أعظم وأهم العلماء في العلم العربي ، مع الاشارة الى اعمالهم الرئيسية .

جدول بأعظم الاسماء في العلم العربي

1 - زمن جابر بن حيان (Jaber ibn Hayyan)(النصف الثاني من القرن الثامن) :

الاصمعي Al-Asmai ـ لغوي وعالم طبيعي ، في بغداد وفي البصرة .

الفلكيون الفرس ابراهيم الفزاري وابنه محمد ، ويعقوب بن طارق وقد اهتموا بالرياضيات الهندية .

الفلكي اليهودي ما شاء الله .

الفلكي الفارسي النوبخت (Al – Nawbakht) وابنه الفضل ، (Al – Fadl)رئيس مكتبة هارون الرشيد Harun AL -Rachid

الصابئي (Sabeen) (أو المزدكي) جابر بن حيان ، خيميائي . وبين پ كروس (Karus)بأن المجموعة الجابرية مكونة من كتابات لمؤلفين مختلفين من حقبة لاحقة .

المسيحي تيوفيل ايديس، منجم، ومترجم كتب طبية من اليونانية الى السريانية.

الطبيب الفارسي النسطوري ابن بختيشوع (Bakhtyashu) ، وهو الاول من عائلة كبيرة من الاطباء ، رئيس مستشفى جنديسابور.

2 - زمن الخوارزمي (Al – Khwarizmi)(النصف الاول من القرن التاسع) :

يحيى بن البطريق مترجم مسيحي .

النظّام (Al – Nazzam) فيلسوف معتزلي اهتم بالمسائل الطبيعية . فكرة عن التطور .

الكندي (Al-Kindi) « فيلسوف العرب » في البصرة ؛ علّم في بغداد . معالجات في البصريات الجيومترية وفي الفيزيولوجيا . انتقد الخيمياء .

ابناء موسى بن شاكر (ثلاثة) رياضيون ومترجمون .

الحجاج بن يوسف، فلكي (بغداد) .

العباس ، (Al – Abbass ، فلكي (بغداد ـ ودمشق) .

أبو سعيد الضرير ، فلكي من جرجان (Jurjen) ، منطقة البحر الغاسبيني . كتاب عن خط الهاجرة .

الخوارزمي (Al – Khwarizmi) رياضي وفلكي مؤسس الجبر (أصله من خيفا، جنوبي بحر أرال) .

أحمد النهاوندي، فلكي (جنديسابور) .
حباش الحاسب ، فلكي من مرو . علم في بغداد حساب المثلثات .
سند بن علي ، باني مرصد بغداد .

علي بن عيسى الاسطرلابي ، صانع أدوات الرصد الفلكي ، في بغداد ودمشق .
يحيى ابن أبي منصور ، فلكي فارسي مسيحي . علم في بغداد .

الفرغاني (Al-Farghani) ، من فرغانه (ترانزوغزيان) فلكي في بغداد .

المروردهي ، أصله من خراسان ، فلكي في بغداد ودمشق .

عمر بن الفاروخان ، فلكي في طبرستان ، أقام في بغداد .

أبو معشر البلخي (من بلخ خراسان) منجم في بغداد.

ابن سهدا ، مترجم كتب طبية في بغداد ، جبريل بن بختيشوع ، طبيب مسيحي في بغداد .
سلمويه بن بونان ، طبيب مسيحي .

ابن ماسويه ، ابن صيدلي من جنديسابور، طبيب مسيحي من بغداد . علي (ربان) الطبري ، طبيب مسلم ، ابن يهودي فارسي . ومن بين اليهود، هناك الفلكي سهل الطبري، والمنجم سهل بن بشر ، اصله من خراسان .

3 - زمن الرّازي (النصف الثاني من القرن التاسع) :

الماهاني ، جيومتري وفلكي من ماهان (كرمان) . درس المسألة الارخميدية حول قسمة الكرة : معادلة الماهاني.
النيريزي ، ولد في جوار شيراز ، فلكي ورياضي . له شروحات حول بطليموس واقليدس.

ثابت بن قرة ، من حران ، فلكي ورياضي ، رئس مدرسة للترجمة في بغداد .

قسطا بن لوقا ، مسيحي من أصل يوناني ، ولد في بعلبك (لبنان) وأقام في بغداد.

البتاني (البتينيوس عند اللاتين) من حران ، فلكي .

ابو بكر، منجم ايراني. ـ احمد بن يوسف، من مصر؛ جيومتري. له كتاب حول النسب.

حميد بن علي، من واسط (ميزوبوتاميا السفلى)، فلكي.

سابور بن سهل ، من جنديسابور ، مؤلف كتاب حول الترياق .

يحيى بن سارافيون ، مؤلف موسوعة طبية بالسريانية. اقام في دمشق .

حنين بن اسحاق ، طبيب ومترجم ، رئيس مدرسة تضم عدة اعضاء من عائلته .

ابن خُرداذبه ، جغرافي من سامراء . ـ اليعقوبي جغرافي، في ارمينيا وفي خراسان ـ الرازي، اكبر طبيب عيادي في القرون الوسطى، خيميائي وفيزيائي، ولد في الري، قرب طهران ، أقام في الري ثم في بغداد.

4 ـ زمن المسعودي (النصف الاول من القرن العاشر) :

الفارابي ، وأصله من تركستان ، فيلسوف وعالم ، في حلب وفي دمشق . كتب كتاباً في الموسيقى ـ متى

بن يونس ويحيى بن عدي، مترجمان مسيحيان ـ ابو كامل ، أكملَ في القاهرة جبر الخوارزمي . ـ ابو عثمان ، من دمشق ، علم في بغداد؛ ترجم الكتاب العاشر لاقليدس وشرح بابـوس (Pappus) ـ سنان بن ثابت ، رياضي وفيزيائي ، فلكي وطبيب في بغداد . ـ ابراهيم بن سنان ، جيومتري ، سطح الباربول . ـ العمراني ، منجم ، شرح كتاب الجبر لابي كامل ، في الموصل . ـ ابن وحشية ، خيميائي وخبير زراعي ، اصله من العراق (اسم مستعار) .

جغرافيون متعددون : ابن رسته ؛ ابن الفقيه ، ولد في همذان (فارس)؛ ابو زيد من سيراف (الخليج الفارسي) ؛ قدامة ، في بغداد؛ الهمداني (Hamadhan) من أصـل يمني ؛ ابو دلف ، ولد قرب مكة ؛ المسعودي ، ولد في بغداد .

5 - زمن ابي الوفاء (النصف الثاني من القرن العاشر) :

موسوعة اخوان الصفا، وهي اخوية سرية نشأت في البصرة حوالي 963 ـ ابو جعفر الخازن ، من خراسان، جيومتري وجبري . حلَّ المعادلة المكعبة للماهاني. الكوهي، اصله من طبرستان ، اهتم بمسائل ارخميدس وابولونيوس Apollonius ، مع معادلات من درجات عليا .

أبو الفتح (Abu'l – Fath) من أصفهان، رياضي وفلكي .

السجزي Al – Sijzi ، نشأ في سجستان، درس قطع المخروطات وتقطيع الزاوية ثلاثياً ـ عبد الرحمان الصوفي، فلكي من الري، له كاتالوغ في النجوم .

أبو الوفـا ، أصله من قستان ، أقـام في بغداد ، شرح اقليـدس ، وديوفـانت والخوارزمي ، اشتغـل في علم المثلثات (تريغونومتريا) .

الخوجندي Al – Khujandi ، من منطقة سيرداريا، اثبت أن مجموع مكعبين لا يمكن أن يكون مكعبا . ـ ابو نصر، من العراق، رياضي . ـ القابيشي، من الموصل، رياضي . ـ مسلمـة بن احمد من مدريد ، أقام في قرطبـة ، فلكي ورياضي ـ علي بن عباس ، طبيب مشهـور من فارس الجنـوبية ، أقـام في بغداد . ـ ابو منصور موفق ، أقام في هراة؛ كتب بالفارسية كتاباً حول المادة الطبية . ـ أبو القاسم، طبيب مشهور وجراح في الزهراء ، قرب قرطبة . ـ ابن جلجل، طبيب اسبـاني . ـ الاصطخـري من بـرسيبوليس ، جغـرافي . ـ بوزورع . بن شهـريـار ، من خـوزستـان ، جغـرافي . ـ المقـدسي ، من القدس ، رحالة وجغرافي .

(ملحوظة : انها حقبة الانتقال الاول من عالم الاسلام الى الغرب المسيحي جربـرت الاورباكي Gerbert Aurillac درس في كـاتالـونيا Catalogne (فيش) وعلَّم في رمس ابتـداءً من سنـة 972 .

الطبيب اليهودي دونولو Donnolo درس العربية في بالرمـو ، وعلم في اوترانت وفي روسـانو ، ومات بعد سنة 982) .

6 - زمن البيروني (النصف الاول من القرن الحادي عشر) :

البيروني، ولد في خوارزم (كيفا) رياضي فيزيائي وجغرافي . ـ ابن سينا ؛ ولد في افشنة قرب

بخارى، فيلسوف، فلكي، فيزيائي وطبيب (كتب سارتون حول هذين العالمين الكبيرين: « يمثل البيروني الفكر الاكثر مغامرة والاكثر قوة نقدية؛ أما ابن سينا فيمثل الفكر التركيبي. وكان البيروني موهوباً اكثر للاكتشاف، ومن هذه الناحية فهو أقرب الى المثال العلمي الحديث. اما ابن سينا فكان فكراً منظماً تأسيسياً ، انه موسوعي، وفيلسوف ») .

الكرماني، ولد في قرطبة، ومات في ساراغوسه، تبنى الافكار الرياضية عند اخوان الصفا .

رياضيون وفلكيون آخرون من اسبانيا : ابن السمح (غرناطة) ؛ ابن ابي الرجال (من قرطبة؟)، أقام في تونس؛ ابن الصفار (قرطبة) . ابن يونس، في القاهرة، اشتغل في وضع « الجداول الحاكمية » .

رياضيون وفلكيون في الشرق: قشير بن اللبان، (Kushyar)أصله من جنوبي البحر الغاسبيني ؛ - الكرخي (بغداد) ؛ - النسوي ، أصله من خراسان . - ابن الوافد ، طبيب من طليطلة ، واليهودي ابن جناح : كتب البسطاء ، - ابن الهيثم، اشهر فيزيائي وعالم بصري في العالم العربي، ولد في البصرة، علم في القاهرة.

ماسويه Massawayh المارديني ، طبيب مسيحي من ميزوبوتاميا العليا ، اقام في بغداد ثم في القاهرة. - عمار الموصلي، من الموصل، طبيب عيون من الاصلاء في الاسلام. - علي بن رضوان ، طبيب من القاهرة . - الكاثي ، كيميائي من بغداد. - ابو سعيد عبيد الله ، طبيب من عائلة بختيشوع . - ابن بطلان طبيب من بغداد. - علي بن عيسى. طبيب عيون من بغداد، كتاب الطب في العيون.

7 - زمن عمر الخيام (النصف الثاني من القرن الحادي عشر) :

(يلاحظ بخلال هذه الحقبة، وهي الاخيرة التي بقيت فيها سيادة العالم الاسلامي مسيطرة بشكل واضح ، وجود تراجع خفيف جداً ، ثم التحرر اللغوي لليهود والفرس) .

الزركلي، فلكي من قرطبة . - يوسف المؤتمن ، ملك ساراغوسة ، رياضي . - محمد بن عبد الباقي ، رياضي من بغداد. - عمر الخيام، من نيشابور، شاعر ورياضي. المعادلات التكعيبية، مع حل جيومتري لبعضٍ منها . - ابوعمر بن الحجاج ، عالم بالنبات من اشبيلية . - ابن جزلة وسعيد بن هبة الله، طبيبان من بغداد. - زارين داست، طبيب عيون فارسي. - البكري جغرافي (قرطبة) . - الماوردي (البصرة وبغداد) (عالم اجتماع) .

وتكثف تأثير الثقافة العربية والاسلامية بفضل تراجم لاتينية : قسطنطين الافريقي. وظهر أول معجم لاتيني عربي في قشتاله) .

8 - النصف الاول من القرن 12 :

أن التراجم من العربية الى اللاتينية (والى العبرية) تتابعت وتطورت . آديلار دي باث؛ مركز طليطلة مع غونديسافوو جان دي سيفيل . [حنا الاشبيلي] .

علماء الشرق: الخازني: الجداول الفلكية: ميزان الحكمة (أحد الكتب الاساسية في الميكانيك والفيزياء في الحقبة الوسيطية: نظرية الجاذبية، تحديد الثقل النوعي للجوامد والسوائل، ملاحظات حول الانابيب الشعرية). ـ البديع الاسطرلابي، صانع الاسطرلابات. ـ الخراقي؛ علم فلك ورياضيات (يرى في الكرات السماوية حقائق فيزيائية، وليست مجرد تجريدات جيومترية).

وكتب الشاعر الفارسي الطغرائي بالعربية كتباً حول الخيمياء، ضد شكوكية ابن سينا. ـ وطبق عدنان العينزاربي (Al-Aynzarbi) علم الفلك في الطب ـ ابن سرابي (Sarabi) (سيرابيون الصغير)، الذي لا يعرف عنه شيء. ويظن سارتون ان كتابه حول المفردات [النباتات الطبية]، المعروف باللاتينية، كتب بالعربية في بداية القرن 12.

ابن التلميذ، طبيب مسيحي من بغداد (كتاب الترياق، كتاب حول الفصد).

علماء الغرب: أبو الصلت Abu'l – Salt (كتاب الاسطرلاب؛) **أعمال حول الميكانيك**، كتاب المفردات [النباتات الطبية].

ابن باجه (Ibn Bajja) (افمباس) (Avempace)، **فيلسوف. انتقد نظام بطليموس** من وجهة نظر ارسطية وفتح طريقاً ظل متبعاً حتى مجيء البتروجي وبعده. **كتب في مفردات الاعشاب** الطبية. ـ جابر بن افلح، اكبر فلكي في تلك الحقبة. كتب «**كتاب اصلاح المجسطي**» وتدل مقدمته على تقدم مهم في علم المثلثات الكروية. ـ ابن حاسدي (Ibn Hasdai) (**من أصل يهودي ؟**): طبيب، شرح غاليان (Galien) وهيبوقراط (Hippocrate) ـ ابن زهر (**اڤنزوهر**) (Avenzoar) (من عائلة بني زهر الشهيرة)، ويعتبره ابن رشد أعظم طبيب بعد غاليان.

9 - النصف الثاني من القرن 12 :

هناك مترجم كبير من العربية الى اللاتينية هو جيرار الكريموني Gerard Crémone. **في الغرب** كانت الحقبة حقبة ابن رشد، الذي شرح ارسطو بمعنى الفلسفة الوضعية والعلمية. **في الشرق**، فخر الدين الرازي عالج مواضيع علمية عديدة؛ وكان فيلسوفاً كما كان عالماً لاهوتياً، ادخل في شرحه للقرآن نتائج علم عصره.

علماء من الغرب: الفيلسوف ابن طفيل، طبيب وفلكي. تابع انتقاد بطليموس. ـ ابن رشد، فيلسوف وفلكي وطبيب. لخص المجسطي. كتب حول حركات الكواكب، كما كتب «الكليات في الطب» (باللاتينية كليجت Colliget). ـ البتروجي Al – Bitruji، تلميذ ابن طفيل Ibn Tufayl، عاد الى نظرية الكرات ذات المركز الواحد (هوموسنتريك Homocentriques) بعد تعديلها وتكييفها. وظلت افكاره طيلة قرون ذات تأثير مهم على تطور علم الفلك. ـ الادريسي Al Idrisi والمازني Al –Mazini، جغرافيان قدما معلومات كثيرة تتعلق بالعلوم الطبيعية. ـ الغافقي Al – Ghafiqi من قرطبة: وصف نباتات المغرب. ـ ابن العوَّام من اشبيلية: «كتاب الفلاحة».

علماء الشرق - ابن الدهان Ibn Al – Dahhan، فقيه ولاهوتي شافعي، كتب في قسمة المواريث استعمل فيها مسائل الحساب. - عبد الملك الشيرازي ومحمد بن الحسين: عالمان في الجيومتريا. - ابو البركات، هبة الله ابن مالكا: طبيب يهودي من بغداد، طور انتقادات فيلوبون (Philopon) وابن سينا ضد الفيزياء الارسطية. - فخر الدين الرازي: كتاب التنجيم، ومحاولة حول بديهيات اقليدس. - عبد الرحمان بن نصر: كتاب عملي عن المحتسب، مفتش الاسواق، والاوزان والمكاييل، مع اشارات متنوعة حول الاحجار الكريمة، والادوية والعطور. - جعفر بن علي الدمشقي: كتاب حول غش المنتوجات التجارية. - محمد بن محمود الطوسي: «عجائب المخلوقات» كتاب في الكوسموغرافيا(Cosmographie). - ابن هوبال (IbnHubal)البغدادي، طبيب؛ له كتاب «المختار في الطب».

10 - النصف الأول من القرن 13 :

استمرت أعمال الترجمة، ولكن الاسماء الكبيرة اختفت. واخذ النشاط الفلسفي يتراجع، في الغرب كما في الشرق (اذا استثنينا الفكر الصوفي في المدرسة الايرانية).

علماء الغرب : - حسن المراكشي: فلكي. - ابو العباس النبطي وابن البيطار، عالمان نباتيان. «وكتاب المفردات» للثاني ترجم الى الفرنسية على يد ل. لكلرك(Leclerc).

علماء الشرق - المظفر الطوسي وتلميذه كمال الدين بن يونس، عالمان رياضيان وفلكيان. ابن اللبدي (Ibn Allubudi)، رياضي وفلكي وطبيب. - الجزري (Al – Jazari)، فيزيائي، وصف الآلات المائية والساعات المائية. - قيصر بن ابي القاسم، بنى المطاحن المائية على نهر الفرات. - وكتب الجوبري (Al – Jawbari) عن سرقات الخيميائيين. - ابن الساعاتي، صانع آلات، وأيضاً طبيب شرح «قانون ابن سينا». - نجيب الدين السمرقندي طبيب. - عبد اللطيف، طبيب ومشرح أصيل: صحح لغاليان (Galien) - ابن الطرخان (Tarkhan)، كتب موسوعة طبية: «التذكرة الهادية». ابن القفطي (Al Gifti) وابن ابي اصيبعة (Ussaibia): طبيبان.

الميسوي (Mesue) - لا تعرف شخصية صاحب هذا الاسم إنما يُعزى اليه كتاب في الجراحة، معروف باللاتينية والعبرية فقط، وقد اثر كثيراً في أطباء سالرن (Salern)، وبولونيا ومونبليه. - ابن الصوري (Al Suri)، عالم نباتي.

11 - النصف الثاني من القرن 13:

لقد تكاثرت التراجم من العربية الى اللاتينية الى درجة ان سارتون (Sartone) قسمها إلى أربع مجموعات: ايطاليو ايطاليا، الصقليون، وتراجمة مونبليه، ثم الاسبان. وكانت الفلسفة دائما نائمة، ما عدا الفكر الايراني الذي تطور نحو الفلسفة الصوفية.

علماء الغرب ـ في مراكش، ابن البنا (Ibn Al – Banna) مؤلف كتاب « التلخيص »، وهو العالم الرياضي الوحيد في تلك الحقبة.
علي بن موسى بن سعيد، جغرافي افسح في المجال أمام الجغرافيا الرياضية ، ضمن تراث بطليموس.

علماء الشرق ـ في تلك الحقبة، تحول النشاط العلمي ناحية الشرق، العبدري ـ (Al Abdari)، تلميذ كمال الدين بن يونس فلكي. ـ محمد بن أبي بكر الفارسي، فلكي. وبشكل خاص: نصير الدين الطوسي، أحد أكبر علماء الرياضيات في تلك الحقبة له: كتاب في علم المثلثات المسطحة والكروية ، كتاب في الفلك انتقد فيه بطليموس، وأعمال في الجغرافيا الرياضية. ويعزى اليه كتاب في الجواهر. كان مديراً لمرصد مراغة (Maragha) (أذربيجان) وكان مجمع فئة من العلماء : العرضي الدمشقي؛ علي بن عمر الكاتبي؛ قطب الدين الشيرازي؛ محي الدين المغربي؛ علي بن عمر؛ وقطب الدين. وقد تفحصوا وانتقدوا نظرية حركة الارض. وكان قطب الدين ايضاً طبيباً وألّف شرحاً حول « عموميات القانون » لابن سينا .

محمد بن أشرف السمرقندي ،رياضي، شرح اقليدس. ـ ابو القاسم محمد بن احمد العراقي، خيميائي شرحه جلداكي في القرن 14. ـ ابن القوف، طبيب، شرح هيبوقراط وابن سينا ؛ كتب عن الصحة وعن الجراحة. ـ القزويني، (بلين المسلمين) حرر موسوعة مهمة . ـ ابن النفيس انتقد غاليان وابن سينا واكتشف الدورة الدموية الصغرى.

12 ـ النصف الاول من القرن 14 :

وأخذ العلم العربي يتراجع بوضوح ، وعموماً ، بشكل بارز في حين تأكدت حيوية الغرب المسيحي. وخفت وتيرة الترجمة ، في حين اصبح استعمال اللغة الفارسية اكثر شيوعاً ، كما بدأت اللغة التركية تظهر .

علماء الغرب ـ الجزولي (Al – Jazuli) وابن الرقّام ، كتبا رسالتين حول الاسطرلاب. ـ وكتب محمد الشفرا(Al – Shafra) كتاباً حول الجراحة ؛ ودرس ابن خاتمة الطاعون .
علماء الشرق ـ كتب الميزي (Al – Mizzi) عن الاسطرلاب ، في حين شرح النظام الاعرج عدة كتب من كتب الطوسي.
وبعد موت ابناء الطوسي : صدر الدين واصيل الدين(Asil Al – din) (ت 1315). اهمل مرصد مراغة وانتقل النشاط الفلكي نحو خوارزم وخراسان. وكتب الجغميني (Al – Jahgmini) وشمس الدين ميراك كتباً وشروحات فلكية. وكتب كمال الدين الفارسي « التنقيح » (Al – Tanqih)، وهو شرح « للبصريات » لابن الهيثم وكتاباً حول الاعداد المتحابة او الاعداد الودية. واعدَّ النويري (Al – Nouwairi) وحمد الله مستوفي موسوعات. وكان الجلكادي (Al – Jilkadi) آخر مؤلف قدير في الخيمياء. ـ وكتب الكاشاني كتاباً حول صنعة

السيراميك (القيشاني) . ـ وحرر الامير السوري ابو الفداء (Abou Al – Fida) كتاباً مهماً في الكوسموغرافيا ؛ وكان الدمشقي ، وهو عالم كوسموغرافي آخر سوري ، قد ألّف مطولاً في علم الفراسة والتنجيم مطبقاً في فن الحكم .

ورعى رشيد الدين ، وكان وزيراً عند الملوك المغول في ايران ، الثقافة والعلوم والفنون . وكان مؤرخاً وطبيباً ، فنشر الطب الصيني في آسيا الغربية .

وكتب محمد بن الياس الشيرازي (Al – Shirazi) الايراني موسوعة طبية وابن الاكفاني (Ibn – Al – Akfani) من القاهرة، كتب عدة مطولات طبية، أحدها في طب العيون.

13 ـ النصف الثاني من القرن 14 :

تميزت هذه الحقبة بشكل خاص بتعرض قسم كبير من اسيا الاسلامية لغزو جيوش تيمورلنك (Timurlang) وبالتدمير الذي لحق بها . وفي حين ازداد النفوذ الفارسي والتركي ، تأكد تراجع مجمل العلم الاسلامي .

علماء الغرب ـ كان ابن بطوطة احد كبار الرحالة في القرون الوسطى وكتب « الرحلة » وهي رواية غنية جداً بالعناصر العلمية . ـ وتضمنت « مقدمة » ابن خلدون وهو مؤرخ كبير العديد من المعلومات العلمية . وشرح الرياضي والفلكي الجزائريُ ابنُ القنفذِ (Ibn Al – quinfidh) ابن البنا وأعطى دفعة الى الامام للرمزية الجبرية .

وكتب ابن الجوزية وابن هذيل كتابين عن الخيل .

علماء الشرق ـ في حين اهتم الخليلي وابن الشاطر بالجداول وبالآلات الفلكية ، كتب ابن المجدي ، وعطا ابن احمد وابن الهائم كتباً أولية حول علم الفلك وعلم الرياضيات .

وشرح الجرجاني الكتابات الفلكية للطوسي (Tusi)، ودرس تصنيف العلوم . واشتغل ابن الدريهم والدامري في جرد وفي وصف الحيوانات . وكتب العباس الرسولي ملك (Sultan) اليمن مطولاً في الزراعة ، وكتب محمد بن منغالي دراسات حول الصيد . وممن يستحق الذكر أيضاً أبو سعيد العفيف ، طبيب في القاهرة ، وكذلك الشاذلي (Al - Shadhili) ، وهو آخر طبيب عيون ذو قيمة في القرون الوسطى الاسلامية ، وكذلك الطبيب التركي اسحاق بن مراد .

14 - النصف الاول من القرن 15 :

تتميز هذه الحقبة بصورة اساسية بالتدهور شبه الكامل للعلم العربي، وهو تدهور خفف من حدته قليلاً الازدهار المؤقت للمدرسة الرياضية والفلكية في سمرقند وبيقظة العلم التركي .

وتحت ادارة الامير المغولي اولوغ بك (Ulugh Beg) قام جمشيد بن مسعود الكاشي (Jamshid ibn Massud al-Kashi) والقاضي زاده (Zade) الرومي ، وعلي بن محمد الكاشاني بتأسيس

مرصد، ظل لمدة ثلاثين سنة احد أهم المراكز العلمية في العالم . وفيما عدا هؤلاء يُذكر فقط اسم الرياضي من افريقيا الشمالية القلصادي (Al – Qalasadi)، واسم الفلكي والرياضي ابن المجدي والشاعر الفلكي الفارسي صلاح الدين ، وذلك في مجال العلوم المحضة .

وأعد البسطامي ومحمد شاه شلبي موسوعات. وقام منصور بن محمد بدراسات تشريحية، في حين ترجم شرف الدين الى التركية كتاباً في الجراحة. ويعتبر تاريخ تدمير مرصد سمرقند حوالي 1460 النهاية الاخيرة للعلم العربي الوسيطي، وقد ثبت انحداراً سوف يستمر حتى القرن التاسع عشر.

IV ـ العلوم المحضة

تمهيد :

كانت بغداد أول مركز علمي مهم في الخلافة العربية، حيث جرت في حدود القرنين الثامن والتاسع ، أعمال في الرياضيات ، وفي علم الفلك وفي غيرهما من العلوم المحضة ، وبوتيرة كبيرة . من الطبيعي ان تحتل ، في المنطلق ، دراسة المطولات الفلكية الهندية ودراسة الاعمال الكلاسيكية اليونانية مكانة مهمة . وبخلال مئة سنة الى 150 سنة تمت ترجمة « عناصر » اقليدس، وقسمٍ من مذكرات ارخميدس Archimède ، « ومخروطات » ابولونيوس Apollonius، وأعمال مينلاوس، وتيودوز ، وهيرون، وبطليموس، وديوفانت وغيرهم من المؤلفين، الى اللغة العربية. وكان ارسطو أيضاً مصدراً مهماً كمحطة اتصال جيدة مع انجازات العلم اليوناني. وعلى موازاة هذا، توجب اعطاء دور ضخم للعادات المحلية ، التي تشكلت عبر القرون فوق اراضي مصر وميزوبوتاميا Mésopotamie ، وخوارزم وايران، وكذلك أيضاً للعلاقات التي اقيمت مع الصين البعيدة. وقد لعب تمثل هذا التراث الثقافي دوراً كبيراً في تكون الرياضيات العربية ، دون ان تحرمها من الاصالة .

ومن بين التيارات الاخرى في الفكر الرياضي الشرقي، تميزت الرياضيات العربية بالمزج العميق بين الاماني الهادفة الى حل المسائل التي تطرحها الحياة العملية او العلم السائد في الحقبة (أي علم الفلك، وكذلك الجغرافيا وعلم البصريات) والعمل الزاخم في الفكر النظري، المتكون سنداً لافضل الامثلة عند اليونان. وقد أتاح هذا إمكانية رفع مستوى تشكيل اساليب العد، واللوغاريثمات الحسابية والجبرية والتريغونومترية (حساب المثلثات)، كما كانت قد طورت في الهند والصين ، انما بوسائل أقل قوة واقل صرامة . هذا الميل الى التركيب، الذي هو ميزة الرياضيات العربية ، منذ بداية القرن التاسع ، قد تأكد مع الوقت. وقد أتاح تطويراً ضخماً للحساب، بمعناه الواسع للكلمة، ابتداءً لوغاريتمات العد الحسابي حتى نظرية النسبات والاعداد الحقيقية، وحتى الجيومتريا، ـ وخاصة نظرية المتوازيات، المهمة جداً لتقدم العلم المعاصر ـ وبخاصة الجبر والمثلثات ، المتكونة لاول مرة هنا كعلوم مستقلة . ان الاساليب اللامتناهية الصغر قد أصابها أيضاً نوع من التطوير .

لقد ظلت المدرسة الرياضية البغدادية - التي اليها ينتمي محمد بن موسى الخوارزمي، والفلكي الفرغاني، وحبش الحاسب (والثلاثة من آسيا الوسطى) ، وابن ترك ، ثم الاخوة بنو موسى، وثابت بن قرة، وابو الوفا، (Wafa)، والكوهي (Al – Kuhi)، والكرخي (Al – Karkhi) وغيرهم - ناشطة جداً طيلة قرنين تقريباً . وقامت ايضاً أعمال علمية في دمشق. وعلى أثر مختلف الاحداث السياسية والاجتماعية ، قامت مراكز ثقافية جديدة مهمة وازدهرت لفترة من الزمن في بخارى ، وخوارزم، وغزنة(Ghazna) : عمر الخيام في بخاري وفي أصفهان ؛ وابو كامل، وابن يونس، وابن الهيثم في القاهرة. ولم يحد سقوط بغداد بيد المغول سنة 1258 من تطور الرياضيات في بلاد الاسلام. فقد أمر هولاكو قان (Khan) المغول، ببناء مرصد في مراغة (Maragha) اشتغلت فيه مجموعة مهمة من العلماء بتوجيه واشراف نصير الدين الطوسي. وتتابعت البحوث في العراق وفي اسيا الوسطى. وبخلال النصف الاول من القرن 15، ازدهرت آخر مدرسة كبرى للرياضيات والفلك في الشرق الوسيطي الاسلامي ، في سمرقند تحت رعاية اولوغ بك(Ulugh – Beg) وكان الكاشي والقاضي زاده الرومي، وآخرون ينتمون الى هذه المدرسة. وفي الدول المورية ، على الشاطىء الشمالي الغربي من افريقيا، وفي شبه الجزيرة الايبرية(Ibérique)، قامت بحوث أصيلة . وكان علم هذه البلاد (بما فيها صقلية) أقل أهمية من حيث أهمية اكتشافاته، الا انه لعب دوراً خاصاً مهماً في نشر المعارف الرياضية والفلكية نحو اوروبا الوسيطية .

1 - علم الحساب

العد او الترقيم - قبل القرن التاسع كان العرب يرقمون الاعداد بواسطة الكلمات، على طريقة اليونانيين، أي بواسطة الاحرف الثمانية والعشرين من الابجدية، والتي ترمز على التوالي الى الوحدات والى العشرات والى المئات ثم عدد الالف. وفي مطلع القرن التاسع، اعتمد علماء بغداد نظام الترقيم العشري ذا المواقع او المراتب الذي كان قد دخل الى الهند قبل ذلك بقليل. وكان نشر واكمال الحساب العشري، المرتكز على مبدأ الموقع، هما احدى نجاحات العلم العربي الكبرى. وبمقدار علمنا، لم يقدم الهنود عرضاً مكتوباً لحسابهم العددي. واول كتاب حسابي مرتكز على مبدأ الموقع، الفه الخوارزمي حوالي سنة 830، ولم يعثر على النص العربي لهذا الكتاب حتى الآن ، ونحن لا نعرفه الا من خلال ترجمة لاتينية حصلت في القرن 12 (عرفت من خلال نسخة غير كاملة في القرن 13)، وكذلك من خلال كتب اخرى لاتينية من نفس الحقبة، استقيت من الاولى، ومن بعض الكتب العربية لقشير بن اللبّان (Kushyar ibn Labban) وللنسوي (Al – Nassawi) من حقبة أكثر تأخراً .

وكتاب الخوارزمي، وما نزال نجهل عنوانه، يبدأ بوصف مفصل لنظام الترقيم الهندي بواسطة تسعة « صور » هي رموز للاعداد (1,2,3,...9) ثم للدائرة الصغيرة « الصفر » تتيح التعبير بسهولة عن اعداد مهما كان كبرها. ثم ينتقل بعد ذلك الى العمليات الحسابية بما فيها التضعيف والقسمة على اثنين؛ وهذه العمليات مثبتة بسبب فائدتها في استخراج الجذر التربيعي. وافترض اجراء هذه العمليات على لوح أفقي مغطىً بالرمل أو الغبار. وبعد كل مرحلة من مراحل الحساب، تمحى الارقام

التي اصبحت غير مفيدة، لتحل محلها أرقام جديدة. هذا الاسلوب الهندي الذي قلّما يلائم الحسابات الجارية على الورق، ظلّ لمدة طويلة معمولاً به .

وعلى سبيل المثال نورد بالترقيم الحديث ، مختلف مراحل عملية ضرب $2\,326 \times 214 = 497\,764$ ويتنقل الضارب خانة نحو اليمين بعد كل ضرب :

2 326	*428* 326	*492* 226	*496* 486	*497 764*
214	214	214	214	

وتُتبع عمليات الاعداد الصحيحة بعمليات حول الكسور الستينية والعادية واستخراج الجذور التربيعية (وهذان الفصلان مفقودان من نسخة الترجمة اللاتينية التي سبقت الاشارة اليها).

إن أشكال الارقام العربية في أيام الخوارزمي، مجهولة وغير معروفة. فمنذ القرن العاشر، استخدمت المخطوطات الرياضية العربية شكلين من الارقام مختلفين نوعاً ما ، النوع الاول كان يستخدم في بلدان المشرق العربي، والثاني في بلاد المور. نشير على كلٍ الى ان ترقيمات الاعداد بالكلمات او بالاحرف بقيت في كتب الحساب باللغة العربية حتى نهاية الحقبة الوسيطية .

وقد لعب كتاب الخوارزمي دوراً كبيراً في تطوير الحساب . في اوروبا الوسيطية دل الاسم الملتين (من لاتيني) للمؤلف ـ ألْغوريسم او الغوريثم ـ على كل نظام الحساب العشري المرتكز على مبدأ الموقع. ومع ليبنز(Leibniz)، اكتسب هذا الاسم معنىً أوسع بحيث شمل كل نظام منتظم في الحساب يتيح حلَّ طبقة معينة من المسائل بشكل ميكانيكي .

الكسور ـ لا تمتلك اللغة العربية كلمات خاصة ، للتعبير عن كسور الوحدة الأقل من 1/10 . فكانوا يسمون كل الكسور الاخرى ذات الصورة واحد : جزءاً من n وتضعيفاته : m أجزاء من n . ومثل هذا الاستعمال يتوافق معه مفهوم الكسر المحدد المعبر عن جزء أو عن عدة اجزاء من الوحدة مهما كانت باعتبارها مقداراً قابلاً للقسمة (الوحدة التجريدية تعتبر غير قابلة للقسمة). ولكن يوجد أيضاً مفهوم آخر للكسر، باعتباره علاقة بين عددين صحيحين مجردين، وهو مفهوم يعود الى نظرية قديمة في النسب.

يلاحظ أن هذه النظرية الاخيرة، كما يقال، استخدمت كاساس نظري للحساب العربي. من ذلك ان ضرب عددين صحيحين، كان، في المقام، يعرف بانه تكرار للجمع. وعلى كلٍ ، ان مثل هذا التعريف لا ينطبق على حالة كسرين، فقد ذللت هذه الصعوبة بواسطة تعريف آخر: انّ ضرب a بـ b يعني العثور على عدد q محقق للنسبة : $1 : b = a : q$ أو $1 : a = b : q$

مثل هذا التحديد ينطبق أيضاً على الاعداد الصحيحة كما على الكسور. والقسمة تتحدد بشكل مماثل. وقد امتدح ابو الوفا امثال هذه التحديدات، فحدد عموميتها. هنا، أيضاً ، يتأكد الميل العام في الرياضيات العربية الى مطابقة مفاهيم العدد والنسبة .

كانت الكسور تدون على الطريقة الهندية اي بوضع المخرج تحت الصورة، مع ابقاء القسم الصحيح من العدد مكتوباً فوق الصورة. أما « خط » المكسور فلم يظهر الا في حوالي السنة 1200 .

وكان الموظفون ، والمساحون ، والتجار يستعملون ، منذ زمن بعيد، نظاماً آخر في حساب الكسور، يشبه ذاك الذي كان مستعملاً عند الكتاب المصريين . كان الكسر يمثل بشكل مجموع كسورات من الوحدة بشكل $1/n$ مع $n \leqslant 10$ ، وعند اللزوم بشكل الكسر $\frac{2}{3}$ ، وكذلك حواصلها مثلاً $\frac{3}{4} \doteq \frac{1}{2} + \frac{1}{4}$ او ($9 : 10 = \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{10}$) واذا استحال مثل هذا التمثيل الدقيق عندها يلجأ الى التقريبات من نوع ($3/17 \approx (1/6) + (1/6) \times (1/10)$) وقد حسّن العلماء هذا النظام الحسابي ووضعوا جملة من القواعد تتيح تمثيل كل كسر بواسطة « الكمات » (Quantièmes) .

وأخيراً استخدم الفلكيون العرب بشكل حصري تقريباً الكسور الستينية وهو تراث يعود الى بابل القديمة ، عبر فلكيي الاسكندرية .

ويلاحظ ان هؤلاء طبقوا نظاماً مختلطاً نصف ستيني فكتبوا الاعداد الصحيحة وصور الكسور الستينية بحسب النظام العشري . وتبع العلماء العرب أولاً مَثَلَ سابقيهم ، ولكنهم فيما بعد ، عادوا فاقروا نظام الترقيم القديم نظام بابل ، بعد تعميم المبدأ الستيني على الاعداد الصحيحة ، واستخدموا فضلاً عن ذلك وبشكل منهجي رمز الصفر . وكتبت الاعداد من 1 الى 59 الفبائي خاص . وكانت العمليات ، في هذا النظام الستيني ، المستخدم في الحسابات الفلكية ، تجري كما في نظامنا الحالي الممتد ليشمل الاعداد الصحيحة والكسور العشرية .

وكان الحاسب يرجع الى جدول ضرب ممتد حتى 59×59، وكان يطبق شفهياً القواعد المعبر عنها بالصيغ :

$(60^m . 60^n = 60^{m+n}$ و $60^m : 60^n = 60^{m-n})$

مصاغة بشكل يجنب استعمال المثقلات (= الأُسَّات)(Exposants) السلبية). ووجد أول وصف مفصل لمثل هذا النظام في « مبادىء الحساب الهندي » لقشير بن اللبان (Kushyar ibn Labban) (حوالي السنة 1000) ونجد وصفاً آخر في « مفتاح الحساب » للكاشي (Al – Kashi)، (1427). وكانت الطبقات الكسورية الستينية قد سميت دقائق، وثوانٍ وثُلاثٍ ، الخ. اما طبقة الوحدات (من 1 الى 59) ـ درجات . والمراتب العليا او الطبقات ـ فسميت المرتفعات الاولى والمرتفعات الثانية ، الخ .

الكسور العشرية ـ ان ادخال الكسور العشرية بواسطة الرياضي الكاشي، الذي ذكرناه، تعد انجازاً ملحوظاً . وكان هدف هذا العالم ان يكون نظاماً كسرياً ، كما في النظام الستيني ، تجري فيه العمليات ، بحسب ذات القواعد المطبقة بشأن الاعداد الصحيحة، ولكنها، بحكم تأسيسها على القاعدة العشرية المعتادة ، تكون بالتالي مفهومة من اولئك الذين يجهلون « حسابات الفلكيين » . وأعلن الكاشي القواعد الرئيسية للعمليات الجارية في الكسور العشرية ، ووسائل تحويل الكسور الستينية الى كسور عشرية وبالعكس. وفي اعماله عبر عن العديد من القيم بواسطة الكسور العشرية. وكتب القسم العشري لعدد ما على نفس السطر مع قسمه الصحيح ، إنما بعد فصله عن هذا الاخير . بخط

عامودي او بعد كتابته بحبر ذي لون مختلف او ايضاً ، بعد تدوين اسم المرتبة فوق الارقام ، باعتبار ان المرتبة الادنى التي تحدد كل المراتب الاخرى بالنسبة اليها هي في أغلب الاحيان الملحوظة او المؤشر عليها وحدها .

وجرت محاولات لادخال الكسور العشرية من قبل في الصين؛ ولكن هذه «الكسور» مثلت يومئذ صفة الوحدات الارصاد جوية المتنازلة وفقاً لتصاعدية جيُومترية عشرية. واعتبر الكاشي، الذي كان مطلعاً على هذا، حسب ما يظهر ، الكسور العشرية وكأنها من ابتكاره هو. فضلاً عن ذلك انه من المؤكد ان تطبيقها المنهجي والوصف المفصل لعملياتها يعود الفضل فيهما اليه. وفيما بعد ذلك بقليل انتشرت الكسور العشرية نوعاً ما ، في تركيا. وفي اوروبا، ظهرت بوادر « الاوليات » و« الثانيات ». و« الثالثات » الخ العشرية باقتراح من ايمانويل (Emmanuel) بون فيس (Bon fils)من تاراسكون (Tarascon)، من القرن 14، واخيراً نحن مدينون للهولندي سيمون ستيفن (1585)بادخال الكسور العشرية بشكل منهجي .

استخراج الجذور ومثنوي (Binôme) نيوتن : إذا كان الخوارزمي لم يصف إلا أسلوب استخراج الجذور التربيعية ، إلا أن العلماء العرب اهتدوا سريعاً إلى استخراج الجذور التكعيبية ايضاً . من ذلك ان الخيَّام ، في كتابه « الجبر » عمم هذا الاسلوب المرتكز على القواعد :

$(a + b)^2 = a^2 + 2ab + b^2$ و $a^3 + 3ab^2 + b^3$ ، عممه على الجذور ذات اي مشر صحيح مهما كان . ومن الممكن إذاً أن الخيام قد امتلك سابقاً القاعدة التي تمكن من رفع المثنوي (binome) الى مطلق أسٍّ ايجابي كامل . وعلى كلٍ ظلت موسوعته الحسابية ضائعة وأول وصف معروف لاستخراج الجذر ، ذي الأس المثقل (Exposant) من العدد الصحيح موجود في « مجموعة الحساب بواسطة اللوح والغبار » لنصير الدين الطوسي (1265) .

وهذا الاسلوب موصوف فيها بالتفصيل حول المسألة $\sqrt[6]{244\ 140\ 626}$. ان البحث عن القسم الصحيح من الجذر يتوافق مع الرسيمة المعروفة سابقاً عند الصينيين، وبالاساس، انه يتوافق مع الطريقة المقترحة في بداية القرن التاسع عشر من قبل و.ج. هونر (W.G.Horner) وب . روفيني (P.Ruffini) . والقسم الكسري من الجذر $\sqrt[n]{a^n + r}$ ، حيث a و r هما عددان صحيحان و $a^n + r < (a+1)^n$ يتحدد بشكل تقريبي $\frac{r}{(a+1)^n - a^n}$ بحيث انه في المثل :

$$\sqrt[6]{244\ 140\ 626} = 25\ 1/(26^6 - 25^6) = 25\ 1/64\ 775\ 151.$$

وأعلن نصير الدين الطوسي حرفياً قاعدة تشكل الفرق :

$$(a + b)^n - a^n = na^{n-1}\, b + \frac{n\,(n-1)}{2}\, a^{n-2}\, b^2 + \ldots + b^n$$

وقدم « جدول عناصر المثقلات (exposant) ، أي لائحة معاملات المثنوي حتى n = 12 بشكل مثلث قريب جداً من المثلث الذي نسميه حالياً « مثلث باسكال الحسابي » . والعلاقة بين عناصر الجدول :

$$\binom{n}{m} = \binom{n-1}{m-1} + \binom{n-1}{m}$$

كانت معروفة من الطوسي . مجمل هذه المسائل عرض بدقة فيما بعد من قبل الكاشي . ولكن كل هذه النتائج ، ذات المدلول العام ، لم تصل على ما يبدو الى اوروبا في الوقت المناسب حيث كان من الواجب اكتشافها [أو انها وصلت وانكرت . . .] .

نظرية النِسب والاعداد الحقيقية ـ يحتل الحساب المقارب الضروري لتشكيل الجداول التريغونومترية والفلكية، ولتحديد مختلف القيم الهندسية (طول محيط الدائرة ، عناصر المتعدد الاضلاع والمتعددات الجوانب المنتظمة، الخ) مكانة مهمة جداً في الرياضيات العربية منذ مطلع نهضتها. والتطور السريع للجبر العددي وتطبيقاته الجيومترية التي سوف نعود اليها فيما بعد ، أدى ايضاً الى استعمال الاعداد اللاجذرية ، بصورة متمادية، ومن جراء هذا، لتصبح موضوع بحث . وقام الخوارزمي بحل العمليات البسيطة ذات الجذور من نمط :

$\sqrt{1/2} . \sqrt{1/3} = \sqrt{1/6}$ أو $\sqrt{5} . \sqrt{10} = \sqrt{50}$. وكذلك سرعان ما تمَّ اكتشاف قواعد اعمَّ بكثير بواسطة المعادلات : $\sqrt[n]{a} . \sqrt[m]{b} = \sqrt[nm]{a^m} . \sqrt[mn]{b^n} = \sqrt[mn]{a^m b^n}$,

وأدى التعامل الكثير باللاجذريات الجبرية، بأشكالها الحسابية الى تمهيد الطريق الى توضيح مفهوم العدد اللاجذري، المزود بنفس الصفات التي لمفهوم العدد الجذري الصحيح او الكسر. وأصبح العدد اللاجذري في نظر الرياضيين العرب، كلاً أبسط من « الخُطوط التي لا يمكن قياسها » والتي كانت معروفة عند الاقدمين. هذا الواقع ظهر، مثلاً ، في العديد من الشروحات في القرن العاشر، « لعناصر » اقليدس، وخصص بنظرية المقادير اللاجذرية ، الرباعية ، حيث شرحت هذه المقادير وتحولاتها، بواسطة اللاجذريات الحسابية المطابقة لها.

وهكذا شرحت التحولات العامة للقيم المعبر عنها بالمعادلات :

$$\sqrt{a} \pm \sqrt{b} = \sqrt{a + b \pm 2\sqrt{ab}} \quad \text{ou} \quad \sqrt{a \pm \sqrt{b}} = \sqrt{\frac{a + \sqrt{a^2 - b}}{2}} \pm \sqrt{\frac{a - \sqrt{a^2 - b}}{2}}$$

حوالي سنة 1100 من قبل البغدادي على الامثلة :

$$\sqrt{10} \pm \sqrt{8} = \sqrt{18 \pm \sqrt{320}} \text{ et } \sqrt{6 \pm \sqrt{20}} = \sqrt{5} \pm 1,$$

وبصورة تدريجية ، كان التمييز بين القيم الجيومترية التي لا تقبل القياس والمقادير اللاجذرية العددية قد زال ؛ واصبح اللاجذري العددي عدداً لا جذرياً . فضلاً عن ذلك ، كل نسبة بين المقادير اصبحت في التصور عدداً. ومثل هذا التوسع في مفهوم العدد لا يمكن ان يكون الا نهاية بحوث نظرية عميقة .

وتولى الماهاني (Al – Mahani) التحليل النقدي لقديم نظرية النسب الادوكسية ـ الاقليدية (Eudoxe – Euclide)، وتابعها علماء عديدون.

وفي « شروحات صعوبات المدخل الى كتاب اقليدس » الذي كتبه الخيام حوالي 1077، اعتبر تحديد النسبة في الكتاب الخامس من « العناصر » صحيحاً ، ولكن غير « **واقعي** » أي أنه لا يعبر عن

ذات جوهر النسبة . وتبعاً لمثل العدد . من سابقيه ، احلّ الخيام هذا التعريف بتعريف المساواة بين علاقتين A/B et C/D وركزها على المساواة بين كل الحواصل الجزئية المتوافقة في تطويرها المتتالي مع كسور مستمرة .

من ذلك، اذا كان $\frac{A}{B} = q_0 + \cfrac{1}{q_1 + \cfrac{1}{q_2 + \ddots}}$ و $\frac{C}{D} = q'_0 + \cfrac{1}{q'_1 + \cfrac{1}{q'_2 + \ddots}}$

.ها تتساوي A/B مع C/D، اذا كان $q_n = q'_n$ في كل حالات $n = 0, 1, 2, 3, \ldots$ (والامر يتعلق حتماً بنقلٍ ، الى ترقيمات حديثة ، لتعريفٍ سبق ان عبر عنه الخيام بالكلمة الشفوية .

وبالمقارنة تم تعريف النسبتين « الاكبر » و« الاصغر » . ويلاحظ ان مثل هذه التعاريف التي تحيي النظرية (Anti Pharétique) للنسب السابقة على ايدوكس (Eudoxienne) ، والمنسية منذ زمن بعيد ، تتضمن فكرة العلاقة اللاجذرية (التي لا تقاس) المعتبرة كعدد . وقد بيَّن الخيام المعادلة المنطقية بين النظرية الجديدة نظرية النسب ، وبين النظرية الكلاسيكية . وبذات الوقت ، حاول ان يبين مبدأ وجود النسبة الرابعة بين مقادير ثلاثة B,C,D أي الكمية Aالتي تشكل المقادير الثلاثة معها النسبة A/B = C/D . وقد طبق هذا المبدأ المهم عدة مرات من قبل رياضيي العصور القديمة ، إنما دونما تبيين بوجه عام ، فضلاً عن ذلك ، ومن وجهة نظرنا ، ان تبيين الخيام مشوب بنقص ، لان الخيام يعتمد فيه على « مبدأ الاستمرارية » ، غير الكافي على الاطلاق ، وبواسطته كان همه فقط امكانية القسمة اللامحدودة للقيم . وطور الخيام فيما بعد نظرية العلاقات المركبة ، او كما نقول ، نظرية ضرب وقسمة النسب التي تلعب دوراً كبيراً في التطبيقات وفي الحسابات العملية .

والخلاصة ان الخيام واجه تعميم فكرة العدد في إطار مجمل الاعداد الحقيقية الايجابية. وادخل فكرة الوحدة القابلة للقسمة المجردة وفكرة الكمية المجردة، « العائدة للاعداد » والمتوافقة مع كل علاقة A/B . وهذا المفهوم الاخير يؤول كعدد بالمعنى العام للكلمة ، اي كما يقال « كعنصر مثالي » في المجال العددي المستكمل . ان افكار الخيام قد تمثلها وطورها الطوسي، ولكن مسألة تأثيرها الممكن على تطور فكرة العدد في الرياضيات الاوروبية بقيت غير محلولة .

أما فكرة العدد السلبي، التي ظهرت في الصين والهند، فلم تجد أي تطبيق ، مهما كان ملحوظاً ، في العلم العربي، ولكنا نجدها على كلٍ في مثل عند ابي الوفا .

مسائل الحساب ـ تلقت نظرية النسب تطبيقات عملية عند حل العديد من المسائل الحسابية المتعلقة بالتجارة ، وبتوزيع الضرائب ، وبتقسم المواريث ، وفقاً للقواعد المقررة بالشريعة الاسلامية. الخ . ان القاعدة الثلاثية، التي تكلم عنها الخوارزمي في كتابه الجبر، قد أخذت عن الهند. وكالهنود ميز الرياضيون العرب القاعدة الثلاثية البسيطة عن القواعد ذات 5 و7 و9. . ، كميات ، التي يرتبط المجهول فيها بالعدد المعين، لا بنسبة او علاقة وحيدة، بل باثنين او عدة علاقات. من ذلك في قاعدة الكميات الخمس المطلوب العثور على الكمية x سنداً للشروط :

$x:y = d:e$ و $y:a = b:c$

والجواب يعطى بشكل $x = \frac{abd}{ce}$. وخصص البيروني لهذه القواعد كتاباً خاصاً « حول الرشيقة (rasika) الهندية » . ويبررها بتبرير قائم على نظرية العلاقات المركبة.

وكانت قاعدة المركزين الكاذبين ـ ربما الآتية من الصين ـ المطبقة في الحل الميكانيكي الخالص للمسائل القابلة للتمثيل بالمعادلة الخطية ذات المجهول الواحد، او بنظام معين من المعادلات الخطية ذات المجهولات المتعددة، ـ ذات تطبيق شائع ، مثلها مثل القاعدة الثلاثية

وفي الحالة البسيطة العائدة للمسألة ذات المعادلة $ax = b$ ، تتحدد الكمية المجهولة كما يلي :
نفترض أن : $x = x_1$ وان $ax_1 = b + d_1$، وان $x = x_2$ مع :

$ax_2 = b + d_2$ عندها $x = \frac{x_1 d_2 - x_2 d_1}{d_2 - d_1}$. لاننا لم ندخل « الاخطاء » السلبية d_1, d_2 ، فتوجب تمييز حالات عدة ، بحسب ما اذا كان المركزان الخاطئان ادنى او أعلى من المجهول ، او اذا كان المجهول واقعاً بينهما .

ويعرض « كتاب تبيين العمليات عند حساب الخطأين » لقسطا بن لوقا (ت912) الاساس النظري لهذه القاعدة في اطار الجبر الجيومتري عند اليونان . وقاعدة الخطأين هذه ، والتي اصبحت شعبية جداً وقد ادخلت في الرياضيات الاوروبية ، ما تزال تطبق حالياً في الحسابات المتقاربة كوسيلة توليد خطية .

2 ـ الجبر ونظرية الاعداد

المعادلات من الدرجة الثانية : يعتبر الخوارزمي ، وقد ورد ذكره عدة مرات ، مؤلف « المختصر حول حساب الجبر والمقابلة » . وهذا الكتاب الذي يشكل كتاب الجبر الأساس باللغة العربية ، وبفضل ترجماته اللاتينية ، قد أثر بقوة بالعلم الأوروبي في القرون الوسطى . وكل الانتباه يدور فيه حول حل الانماط الستة القانونية من معادلات الدرجة الأولى والثانية ؛ وهي معادلات كتبها الخوارزمي وتلامذته في بلدان الشرق العربي ، بدون ترميز بشكل معادلات على الشكل التالي :

1) $ax^2 = bx$
2) $ax^2 = c$
3) $bx = c$
4) $ax^2 + bx = c$
5) $ax^2 + c = bx$
6) $bx + c = ax^2$

وقد عبر الخوارزمي مثلاً عن المعادلة من النمط الرابع : المربعات والجذور تساوي العدد .

والحل مطلق معادلة من الدرجة الاولى او من الدرجة الثانية ، يتوجب في البداية ردها إلى واحد من الانماط التي ، كما رأينا ، لا حتوي حدوداً يتوجب طرحها من احدى كفتي المعادلة . ولهذا يلجأ الى معادلتين اساسيتين أعطتا اسمهما ، بآنٍ واحد لكتب الجبر كما لهذا العلم بالذات . وعملية « الجبر » (تكملة او إعادة تأسيس) ليست إلا نقل حدود يجب طرحها ، في أحد طرفي (أو كفتي) المعادلة بشكل حدود تجب إضافتها الى الطرف الآخر او الكفة . و« المقابلة » (وتعني المقاصة او التراكم او الاختزال) تعني اختزال الحدود المتساوية الموجودة في كفتي المعادلة . فضلاً عن ذلك ، يتوجب رد

المعامل (a) من حد الدرجة الثانية في الكفة الاولى الى الوحدة ، نظراً لان قواعد الحل في مثل هذه الحالة تكون معلنة .

من ذلك تتحول المعادلة $2x^2 + 100 - 20x = 58$ بواسطة الجبر الى المعادلة :

$2x^2 + 100 = 58 + 20x$ وبعد القسمة على 2 بواسطة « المقابلة » تتحول المعادلة الى معادلة من النمط الخامس : $x^2 + 21 = 10x$.

ولا تعطي قواعد الحل الا الجذور الايجابية . لان الخوارزمي لم يكن يعرف جذوراً غيرها . والمعادلات من النمط 4 و6 تحتوي دائماً مثل هذا الجذر وهو الوحيد (لأن الآخر سلبي) ، في حين ان المعادلة من النمط الخامس أما أن تحتوي جذرين ايجابيين أو لا تحتوي أي جذر حقيقي . وقد أشار الخوارزمي الى شروط وجود الجذور ، ومن بينها تذكر حالة الجذر الوحيد (نقول اليوم الجذر المزدوج) . والقواعد وضعت على أساس أمثلة ذات معاملات عددية ، إنما بشكل عام . والقواعد التي تتعلق بالمعادلات من الانماط 4 و5 و6 تبين بواسطة بعض التحويلات الجيوميترية من الرسوم المستطيلية المتطابقة مع تحويلاتنا الجبرية : وتذكر هذه التبيينات، انما جزئياً فقط، بقواعد الجبر الجيومتري القديم . وكان السابقون المباشرون للخوارزمي ، في مجال الجبر غير معروفين منا . وربما استند هو على اعراف محلية حيث برزت بقايا من تأثيرات بابلية ويونانية .

ونجد أيضاً عند الخوارزمي معلومات مقتضبة حول العمليات ومعها التعابير الجبرية ، وهي عناصر أولى من « حساب جبري »، كما نجد عدة أمثلة من حلول جبريةٍ للمثلثات، وفصلاً كبيراً مخصصاً لمسائل قسمة المواريث معبراً عنها بمعادلات من الدرجة الاولى .

وفيما طوِّر جبر معادلات الدرجة الثانية من قبل ابو كامل الذي استخدم ببراعة كبيرة مختلف التحولات ، وخاصة حول التعابير اللاجذرية . وترتكز تبييناته حول حل المعادلات من الدرجة الثانية فقط على الجبر الجيومتري عند اليونان . ولا يحتوي مطول ابو كامل أي تطبيقات جيومترية . فقد خصص المؤلف لهذه مؤلفاً خاصاً فيه يحلُ ، بواسطة المعادلات من الدرجة الثانية ، العديد من مسائل تحديد عناصر متعددات الاضلاع المنتظمة ذات الخمسة أو العشرة أضلاع والمحبوسة ضمن دائرة معينة أو المحيطة بدائرة .

نذكر مسألة عجيبة لم يُحترم فيها الالزام القديم القاضي بتجانس المقادير البادية فيها وحيث يتوجب، بذات الوقت ، التعامل مع الاعداد اللاجذرية : المطلوب تحديد ارتفاع المثلث المتساوي الاضلاع ، الذي يُساوي فيه مجموع مساحته مع ارتفاعه [يساوي] عشرة . وحل هذه المسألة يرد الى المعادلة :

$x^2 + \sqrt{3x^2} = \sqrt{300}$ وجذرها يساوي $x = \sqrt{3/4 + \sqrt{300}} - \sqrt{3/4}$

ويعطي الكرخي (Al - Karkhi) حل المعادلات المثلثة من نمط $ax^{2n+m} + bx^{n+m} = Cx^m$، التي ترد مباشرة الى معادلة من الدرجة الثانية . وعلى كلٍ ترد النتائج الابرز الى المعادلات من

الدرجة الثالثة وجزئياً الى معادلات الدرجة الرابعة .

المعادلات المكعبة : ان الدفعة الأولى في هذا الاتجاه ربما أتت عن طريق التصميم على قطع كرة بسطح بحيث تكون النسبة الحاصلة بين الشقين الكرويين مساوية لنسبة معينة .

وقد سبق ان ذكرت هذه المسألة في مطول ارخميدس (Archimède) « حول الكرة والمخروط »، ولكن الحلول التي حصل عليها ارخميدس وتلاميذه ظلت غير معروفة من العرب. وبعد أن ردَّ الماهاني (Al - Mahani) هذه المسألة الى معادلة من نمط $x^3 + r = px^2$، قام علماء من القرن العاشر امثال الخازن وابن الهيثم وغيرهما ، بتقديم بناء جيومتري للكمية x وذلك بتمثيلها، كما نقول بلغتنا الحاضرة ، بواسطة ابسيس نقطة تقاطع المقطعين المخروطين المختارين بشكل مناسب. هذه الطريقة الجيومترية ، المعروفة من اليونانيين منذ ايدوكس (Eudoxe) (وقد طبقها مينكم (Ménechme) على تضعيف المكعب) ، ارتدت اهمية أساسية في الجبر داخل العالم الاسلامي .

وبخلال القرن العاشر ، ردت سلسلة كاملة من المسائل الجيومترية ، والتريغونومترية ، والفيزيائية الى معادلات من الدرجتين 3 و4 ذات المعامل العددي أو المطلق . وأغلب هذه المسائل (بناء ضلع المتعدد الاضلاع ذي التسعة أو السبعة أضلاع المحبوس ضمن دائرة معينة ، وبناء مقطع كروي معروف حجمه وسطحه ، ومسألة تقطيع الزاوية المعينة ثلاثياً ، الخ) يمكن وضعها بشكل معادلات من الدرجة الثالثة . وفي مطول ابن الهيثم « البصريات » بدت مسألة تحديد نقطة الانعكاس فوق مرآة مخروطية لشعاع مضيء صادر عن نقطة مضيئة ، ومنته الى العين ، بحسب مواقع كل من النقطة والعين ، ذات أهمية كبيرة . وقد حلت هذه المسألة ، التي تتوافق مع معادلة من الدرجة الرابعة ، من قبل العالم المصري بواسطة تقاطع محيط الدائرة مع هيربول (Hyperbole) = (قطع زائد) .

في بناء المعادلات المكعبة ، كانت النتائج الحاصلة رائعة الى درجة انه أمكن سريعاً ايجاد نظرية تعممها . وكان العرض الاكثر نجاحاً هو عرض عمر الخيام المقدم في مطوله « تبيين مسألة الجبر والمقابلة » (1074). في هذا المؤلَف، ولاول مرة، ظهر الجبر كعلم مستقل. ان موضوع الجبر - وهذه العبارة استعملها الخيَّام - هو العدد أو الكمية المجهولة الموضوعة على علاقة مع اعداد اخرى او كميات معروفة . ويعبر عن هذه العلاقة بشكل معادلة أي بمقارنة أسات (Puissances) بأخرى . وبهذا بالذات ، يعتبر الجبر كعلم المعادلات التي نصفها اليوم بانها جبرية .

وبعد الاشارة الى السعي ، غير المجدي ، من اجل تحديد الحلول العددية للمعادلات المكعبة (أو بقول آخر ، من اجل حلها عن طريق الجذور (√))، عبر الخيام عن أمله بأن تسد هذه الثغرة مستقبلاً : وبالفعل، توصل الايطاليون اليها في مطلع القرن السادس عشر . أن الاسلوب العام للحل عند الخيام هو بناء جذور من خلال تقاطع المقاطع المخروطية .

وقد خصص جوهر المطول لتصنيف المعادلات ، ولاختيار مزدوج من المقاطع المخروطية يتلاءم مع كل طبقة ثم لتحديد العدد الممكن من الجذور الايجابية ، وكذلك تعيين حدودها، أي في لغة

اليوم ، لفصل الجذور . ودرست المعادلات بشكل عام ، أي ان معـاملاتهـا اعتبرت اعـداداً ايجابيـة مطلقة . وميز الخيَّام في الكل 14 نمطاً قانونياً . ولكل واحد منها ، دلَّ على القطوعات المخروطية، وعلى الباربولات والهيبربولات المتساوية (équilatères) وعلى محيطات الدوائر والتي تُعَبِّرُ ابسيسات نقـاط تقاطعها عن جذور المعادلات ، وحلل شروط امكانية الجذور الايجابية .

من ذلك ان المعادلة ذات الشكل $x^3 + qx = px^2 + r$ تحل بواسطة الهيبربول :

$x(\sqrt{q} - y) = \dfrac{a}{\sqrt{q}}$ ، وبواسطة محيط الدائرة $y^2 = \left(x - \dfrac{r}{q}\right)(p - x)$

ولم يكن تحليل الخيام دائماً كاملاً . مثلاً في الحالة المذكورة اعلاه ، وبعد أن قرر على صواب ، ان المعادلة المعتبرة لها دوماً جذر ، لم يلاحظ أنها قد تمتلك أيضاً ثلاثة . ونتيجة عدم كمال الرسمة ، حاد عن اكتشاف الحالة التي فيها تمتلك معادلات الدرجة الثالثة ثلاثة جذور (ايجابية) . وبينَّ الخيام ايضاً ، وعلى أمثلة كيف يمكن تطبيق اسلوبه الجيومتري على فصل جذور المعادلات العددية ، بعد دمجهـا من أجل هذه الغاية ببعض الحسابات .

وقد جذبت النظرية الجيومترية للمعادلات المكعبة انتباه الرياضيين من بلاد الاسلام . وفيما بعد عممها الكاشي(Al – Kashi) على معادلات الدرجة الرابعة . وعلى كل لا نعلم ما اذا كان قد طوَّر في مؤلف خاص نتائجه ، التي ذكرها بايجاز في « مفتاح الحساب » . وفيما بعد كان البنـاء الجيومتـري لجـذور المعادلات مـوضوع بحـوث الريـاضيين الاوروبيـين من القرن السـابع عشر والثـامن عشر . فديكارت وكثيرون غيره ارتكزوا على اعمال المؤلفين الكلاسيكيين اليونانيين في حين بقيت اكتشافات العلماء العرب مجهولة منهم في هذا المجال .

وعلى موازاة وضع هذه النظرية العامة انجزت أساليب عددية للحل المتقارب . حـلُّ معادلات الدرجة الثالثة . أمثال هذه الاساليب كانت معروفة مثلاً من البيروني . فمن اجل حل المعادلة المقابلة لتقـطيع الـزاوية ثـلاثياً ، اقـترح الكاشي منهجـاً تكراريـاً (d'itération) اصيلاً جـداً . نعرفـه من خـلال بعض مؤلفات زميله في مرصد سمرقند ، القاضي زاده ، ومن حفيد هذاالاخـير ميرم شلبيMirem) (çelebi، الذي اشتغل في تركيا .

وتكتب المعادلة بشكل $x = \dfrac{q + x^3}{p}$ وكتقريب اول يؤخذ $x_1 = q/p$ وكتقريب ثـانٍ $x_2 = \dfrac{q + x_1^3}{p}$ ثم تحسب $x_3 = \dfrac{q + x_2^3}{p}$ الخ .

تبعاً للدقة المطلوبة. وفي الحالات المعتبرة ، يتلاقى هذا الاسلوب بسرعة ، وبفضله ، استطاع الكاشي حساب القيمة التقريبية التالية لـ $1^\circ = 0{,}017\,452\,406\,437\,283\,571$

حيث كـل الارقام صحيحـة (الواقـع أن الكاشي اجـرى كـل الحسـابـات بـواسـطة الكسـور الستينية) .

واعتبر هـ. هَانكل (H.Hankel) أن هذا الاسلوب « لا يقل بشيء ، من حيث الدقة والاناقـة

عن كل الاكتشافات المتعلقة بمناهج التقريب الجارية في الغرب بعد ڤيات (Viéte). مع ذلك، تجب الاشارة الى أن هذا الاسلوب، أسلوب الكاشي، يحتفظ بسمة خاصة نوعاً ما .

لقد أشرنا الى الصفة البيانية في الجبر العربي. الواقع أنه في بلاد المور فقط جرت الخطوات الاولى نحو خلق رمزية جبرية . نجد أثرها في كتاب « رفع اللثام عن علم الغوبار(Gubar) » للقلاصادي (Al – Qalasadi)، الذي كان يعمل في غرناطة قبل زوال آخر امارة مورية في جنوب اسبانية ومات منفياً في افريقيا (1486) .

نظريات الاعداد ـ وكانت النتائج الحاصلة في نظرية الاعداد أقل جودة . ومع ذلك ، تجدر الاشارة الى حل ، بالاعداد الصحيحة ، للمعادلات غير المحددة من الدرجة الاولى ولانظمتها ، التي تتطلب أحياناً . حسابات جادة ، من ذلك أن ابا كامل وجد الـ2676 عدداً صحيحاً التي هي حلول للنظام . :

$$x + y + z + u + v = 100, \quad 2x + y/2 + z/3 + u/4 + v = 100$$

وكذلك عولجت عدة مسائل حل المعادلات من الدرجة الثانية باعداد صحيحة. وتجب الاشارة بشكل خاص الى محاولة الخوجندي (Al - Khujandi) لكي يبين استحالة حل المعادلة $x^3 + y^3 = z^3$ باعداد جذرية ، وهي اول حالة من قاعدة فرمات (Fermat) الشهيرة .

وقد أشار ثابت بن قرة الى أسلوب تشكيل الاعداد المسماة متحابة (الودية) أي ازواج الاعداد التي يعادل كل منها مجموع قواسم (diviseurs) الآخر مثل 220 و284 .

3 ـ الجيومتريا والتريغونومتريا

الحسابات الجيومترية ـ في الجيومتريا احتلت المسائل المتعلقة بتطبيق طرق الحساب مكانة مهمة. وبهذا المجمل من المسائل يجب ربط تطبيقات الجبر التي سبقت الاشارة اليها . وهناك اساليب تريغونومترية استخدمت ايضاً . ويدل « كتاب حول حساب الصور المسطحة والكروية » لبني موسى ، والمكتوب في منتصف القرن التاسع ، على سبق تمثل الاساليب القديمة في القياس ، وبصورة خاصة ، الاساليب المعروضة في « قياس الدائرة » لارخميدس ، وفيما بعد شغل حساب عناصر الصور ، وبدقة تتزايد اكثر فاكثر ، وبخاصة صور متعددة الاضلاع ومتعددة السطوح المنتظمة ، العديد من العلماء .

وكذلك كان الامر فيما خص الحساب، الصحيح أو التقريبي، حساب الصور المستديرة وحساب اجزائها ، وحساب الرسوم التي تُلْتقى في بناء الاقواس ، والقناطر ، والقبب الكبيرة والمساحات بشكل مسلات .

والمثل الاكثر بروزاً في تطبيق تقنية الحساب تطبيقاً علمياً ، ربما كان « الكتاب حول محيط الدائرة » للكاشي ، حيث حسب طول محيط الدائرة (بواسطة الاستخراجات المتتالية للجذور التربيعية) مثل المتوسط الحسابي لمحيطات متعددات الاضلاع المنتظمة المحبوسة ضمن الدائرة أو

بقطرها ، أي بالنسبة الى العدد π ، على القيمة التقريبية بالكسور الستينية $\pi = 3,08\ 29\ 44\ 00\ 47$
$25\ 53\ 07\ 25$) ثم قلبها او حولّها في الحال الى كسور عشرية فحصل على الرقم : $\pi =$
$3,141\ 592\ 653\ \ 589\ 793\ 25$) وفيه آخره فقط أي الرقم خمسة (5)ليس صحيحاً (وكان من الواجب ابداله بالرقم (38) . مثل هذه الدقة لم تحصل مجدداً إلا بعد 150 سنة على يد آ . فان رومن (A.Van Roomen) ، الذي استعمل لهذه الغاية متعددات الاضلاع المحبوسة والحابسة ذات 2^{30} ضلعاً .

ونشير تحت هذه العلاقة، الى ان الرياضيين في بلاد الاسلام ، قد اطلقوا فكرة لا جذرية لعددπ، وهو حدث سوف يبين فقط في القرن 18 على يد ج . هـ لمبير (J.H.Lambert) وآ . م . لجندر(A.M.Legendre) .

البناءات الجيومترية - من أجل احتياجات المسح ، والهندسة المعمارية والتقنية وجدت مناهج خاصة للبناءات الجيومترية . من مثل ذلك « كتاب ما هو ضروري للصانع في عمليات البناء » لمؤلفه أبو الوفاء (Abu'l - Wafa) وزيادة على المسائل الاولية القابلة للحل الصحيح بواسطة البركار والمسطرة، نجد أيضاً بناءات تقريبية مثل بناءات متعددات الاضلاع المنتظمة ذات الـ7 أو 9 أضلاع . ونجد أيضاً فيه أساليب ميكانيكية لتقسيم الزاوية 3 أقسام ، ولتضعيف المكعب . وهناك قرابة 15 مسألة محلولة بواسطة البركار ذي الفتحة الثابتة . مثل هذه الابنية لها منفعة عملية إذ ، فوق سطح مكشوف ، من السهل استعمال محيطات دوائر ذات شعاع معين .

ويشير أبو الوفاء(Abu'l - Wafa) إلى أساليب بناء عبر نقاط البارابول . وفي وقت سابق عرض الاخوة بنو موسى اسلوباً في بناء الاهليلج بواسطة وتر . وخصص حفيد ثابت بن قره ، ابراهيم ابن سنان مؤلفاً خاصاً للبناء بواسطة النقط ، ولقطاعات مخروطية بواسطة البركار والمسطرة . واستعمل السيجزي والكوهي وغيرهما من العلماء ، من أجل البناء المستمر للقطاعات المخروطية بركار وصف بأنه كامل ، أحد ذراعيه يمتد أو يقصر بشكل متجانس أثناء التدوير .

نظرية المتوازيات - من بين المسائل العامة في الجيومتريا ركز العلماء العرب اهتمامهم الخاص على نظرية المتوازيات . وكانت بديهية المتوازيات، عند اقليدس - (ومفادها اذا سقط مستقيم فوق مستقيمين آخرين على نفس السطح وشكل معها زوايا داخلية واقعة من نفس الجهة ، وكان مجموعها أقل من زاويتين قائمتين ، فان هذين الخطين ، بعد تطويلهما بشكل كافٍ ، يتلاقيان من الجهة حيث يكون هذا المجموع أقل من زاويتين قائمتين) هذه البديهة كانت موضوع دراسات خاصة عند اليونانيين. وكان العديد من هؤلاء العلماء يفترضون بأن التأكيد المستمر على هذه البديهية هو قاعدة يمكن تبينها بواسطة بديهيات أخرى وبواسطة مسلمات من كتاب العناصر لاقليدس .

وكان أول مؤلف عربي يتعلق بهذه المسألة قد كتب من قبل الجوهري ، وهو مساعد للخوارزمي . وقد ارتكز الجوهري على فرضية ضمنية ، معادلة للبديهية التي يجب اثباتها : اذا أعطى تقاطع خطين مستقيمين مع مستقيم ثالث زوايا متتالية داخلية متساوية، فان الحال يكون كذلك عندما

يقطع هذان الخطان بخط ثالث مطلق. وبين الجوهري، اثناء تحليله، الطرح التالي: عبر مطلق نقطة داخلية في زاوية ما معينة، يمكن جر خط يقطع ضلعي الزاوية. وارتكز احد التبيينات لبديهية المتوازيين التي قال بها آ. م. لجندر (A.M.Legendre) على القبول الضمني بهذا الحكم.

وأدخل ابن الهيثم في نظريته حول المتوازيات، فكرة «الحركة البسيطة» أي حركة الانتقال المتجانس على طول خط مستقيم، لقاطع عامودي. وقد حاول أن يبين أنه عندما ينزلق أحد طرفي هذا القاطع على طول مستقيم معين فان طرف القاطع، الاخر يرسم عندها مستقيماً. ومن البديهي أن التأكيد، (الواقع القبول) بأن التباعد الثابت المرسوم شبيه ومساوٍ للمستقيم المعين، يساوي أيضاً بديهية اقليدس. وعلى كل بدت بعض تحليلات العالم المصري رائعة. فابن الهيثم يرسم، بهذا الشأن رباعي اضلاع ذا 3 زوايا قائمة، ثم طرح 3 فرضيات متعلقة بالزاوية الـ 4، التي يمكن ان تفترض حادة أو منفرجة أو مستقيمة. وبعد دحض الحالتين الاوليين، بين وجود المستطيل، ومن هنا نستنتج بسهولة بديهية اقليدس. ومثل هذا المضلع الرباعي، ونفس الفرضيات قد درست بشكل مختلف في القرن 18 من قبل ج. هـ. لمبير (J.H.Lambert).

وانتقد عمر الخيام تبيين ابن الهيثم الذي يرى، مثل ارسطو أن ادخال الحركة في الجيرمتريا كان غير مقبول. ويقوم تبيينه هو على مبدأ يراه أبسط من بديهية اقليدس. فالخطان المتوجهان الى نقطة واحدة يلتقيان، ومن المستحيل ان ينفرج هذان الخطان باتجاه تلاقيهما. وفي تبينات الخيام يعطى الدور الاساسي الى مضلع رباعي فيه ضلعان متساويان متعامدان على قاعدته. وتكون الزوايا المتجاورة عند الضلع الرابع متساوية فيما بينها، وعلى غرار ابن الهيثم، يناقش الخيام فيما بعد الفرضيات الثلاث الممكنة والمتعلقة بقيمة هذه الزوايا. وبعد دحض فرضيات الزاويتين الحادة والمنفرجة، انتهى ايضاً الى القول بوجود مستطيل، الخ.

«وقد أثر كتاب الخيام وعنوانه «شروحات على الصعوبات في مداخيل كتاب اقليدس» على الاعمال المتعلقة بنظرية المتوازيات عند نصير الدين الطوسي».

وفي عرضه لاقليدس اقترح الطوسي تبيناً مرتكزاً على البديهية التالية: اذا كانا مستقيمان فوق نفس السطح يتفارقان في اتجاه ما فانهما لا يلتقيان في هذا الاتجاه اذا لم يقطع احدهما الآخر. وهو أيضاً ينظر في رباعي الخيام وفي الفرضيات الثلاثة المتوافقة. وبدون ان نتوقف عند شكل آخر من تبيين الطوسي، نشير الى انه في النصف الاول من القرن 18 استلم هذا الرباعيُّ الرياضيُ الايطالي ج. ساشيري (G.Saccheri) واعتبره كأساس لبحوثه حول نظرية المتوازيات.

وأننا بعيدون تماماً عن ذكر كل الرياضيين الذين اهتموا بنظرية المتوازيات خلال الحقبة الممتدة من القرن 9 حتى القرن 14. ومن البديهي أن الرياضيين العرب قلما فكروا بابتكار جيومتريا غير اقليدية. بل كانوا يهدفون فقط الى استخراج بديهية اقليدس حول المتوازيات من مباديء كانوا يعتبرونها اكثر ثباتاً. ولكنهم بعملهم هذا توصلوا الى عدة اكتشافات رائعة: فلقد اثبتوا التبعية المزدوجة التماثل (biunivoque) الموجودة بين هذه البديهية ومجموع الزوايا داخل الرباعي، وبالتالي

داخل المثلث. وقد اثبتوا المساواة المنطقية بين عدة أحكام في نظرية المتوازيات . وطبقوا لكي يدحضوا فرضية الزاويتين الحادة والمنفرجة ، أسلوب الرد الى المحال أو البطلان الخ . والواقع أن بعض قواعد الخيام تدخل في نطاق الاحكام الاولى من الجيومترية غير الاقليدية .

وعرفت البحوث حول نظرية المتوازيات التي قال بها الطوسي في اوروبا بخلال القرن17، وبخاصة من قبل وليس(Wallis) . وقد لعبت هذه البحوث دوراً مهماً في اعداد احد أهم الاكتشافات في الرياضيات في الازمنة الحديثة وهو اكتشاف الانظمة الجيومترية الاقليدية .

التريغونومتريا أو علم المثلثات ـ ظهر علم المثلثات أول الامر في أعمال الفلكيين الاسكندريين، بشكل حساب الاوتار. وانطلاقاً من هذه الاعمال، ادخل الهنود السينوس (الجيب) والكوسينوس والسينوس فرسوس (عكس السينوس) . وبعد هضم تعليم السيدهنتا (Siddhanta) الهندية ، حسّنَ العلماء العرب بشكل محسوس انجاز علم المثلثات الذي أصبح بفضلهم علماً مستقلا ومتنوعاً .

وفي الاصل عرض علم المثلثات في مؤلفات علم الفلك كما أن هذه المؤلفات تضمنت ايضاً جداول تريغونومترية. وفي العالم العربي ربما كان الخوارزمي أول واضع للجداول الاولى حول السينوس. وقد ترجمت جداوله هذه الى اللاتينية منذ 1126 من قبل اديلار دي باث(Adelard de Bath) . وكان معاصر الخوارزمي ، حبشي الحاسب ملماً بمعاني المماس ومماس التمام (cotangente) والقاطع ومشاركه (cosécante). وهذان المقداران الاخيران اهميتها النظرية ضئيلة . ولكن جداولهما احتفظت حتى اكتشاف اللوغاريتمات بقيمة نوعية ، لانها تسمح باحلال الضرب محل كل قسمة بواسطة الكوسينوس أو السينوس .

وحوالي القرن العاشر مثلاً ، في كتاب « استكمال المجسطي » للبتاني ، بلغت دراسة الدالات التريغونومترية ، البادية بشكل قواطع (Segments) مقترنة بدائرة ذات شعاع معين ، مستوى من التطور عالياً نوعاً ما . فقد عثر على العلاقات الابسط فيما بين الدالات ، كما تم الوصول الى وسائل تتيح تكوين الجداول التريغونومترية ، كما تم أيضاً وضع عدة قواعد أساسية مستعملة لحل المثلثات المسطحة والكروية . مع الاعتراف أن مجمل هذه القواعد بقي فقيراً نوعاً ما ، وانه من جراء هذا ، بقي حل المثلثات ، في أغلب الاحيان شاقاً .

وعلى كل عرف الفلكيون والرياضيون العرب كيف يحلون بكفاءة بعض المسائل التريغونومترية المعقدة جداً ، كما نرى ذلك مثلاً في « القانون المسعودي » للبيروني . كما توصلوا أيضاً إلى درجة عالية من الفن الحسابي عند تشكيل الجداول التريغونومترية . وقد أشرنا الى الحساب الجبري لجيب الدرجة الواحدة $\sin 1°$ من قبل الكاشي . ولكن في القرن 10حسب ابو الوفا ، بواسطة وسائل التحشية ، الدقيقة جداً أو التوليد، حساب جيب($\sin 30'$) الى ما يقارب 10^{-8} تقريباً . في حين استخدم ابو الوفا التوليد الطولي ، اقترح البيروني تطبيق التوليد او التحشية التربيعية .

وتعتبر وسيلة التكرار المطبقة في حل المعادلة المتسامية $\Theta(t) - k \sin \Theta(t) = t$. والمسماة فيما بعد بمعادلة كيبلر (Kepler) ، والتي لقيها العلماء العرب في نظرية البارالكس (Parallaxes) (اختلاف المنظر بسبب اختلاف الموقع) ، هي احدى ابرز الامثلة في تقنيتهم المتقدمة عن الحساب المتقارب . والاسلوب الذي طبقه الحاسب يقوم على تشكيل مقاربات متتالية :

$$\theta_0 = t_0 + \mathrm{K} \sin t_0, \quad \theta_1 = t_0 + \mathrm{K} \sin \theta_0, \quad \theta_2 = t_0 + \mathrm{K} \sin \theta_1, \ldots$$

المقتصرة على حساب θ_3

ويعرض نصير الدين الطوسي، في كتابه « رسالة التربيع الكامل » (حوالي 1260)، النظام التريغونومتري ، وبخاصة علم المثلثات الكروية ، بالشكل الاكثر كمالاً . وقد كان لهذا الكتاب تأثير ضخم على تطور علم المثلثات وبخاصة على مؤلفات رجيو مونتانوس (Regiomontanus) .

4 ـ الطرق اللامتناهية الصِغر

في حوالي منتصف القرن 11 كان الرياضيون العرب قد امتلكوا الطريقة القديمة المسماة طريقة التكامل بعد أن اغنوها فيما بعد بأساليب جديدة. وقد اتاحت لهم هذه الاساليب الحصول ، وبشكل جديد ، على نتائج كانت معروفة سابقاً ، وكذلك على نتائج كانت غير معروفة حتى ذلك الحين . وقد عالج ثابت ابن قره في « كتاب حول قياس القطع المخروطي المسمى بارابول » موضوع تربيع شق (segment) البارابول بشكل أصيل جداً . ومن قبل وبيّن ارخميدس ان سطح هذا الشق يعادل ثلثي سطح متوازي الاضلاع الحابس للدائرة ، من وجهين :

بواسطة الطريقة المسماة بالميكانيكية ثم بتجميع التصاعد الجيومتري . ولكن مذكرة السيراكوسي (Syracusain) الكبير (ارخميدس) لم تكن قد وصلت الى العلماء العرب . وعلى كلٍّ حلَّ ابن قره المسلة بطريق آخر . ويمكن القول ، بلغة حديثة ، أنه طبق هنا طريقة المجاميع المتكاملة وهي طريقة تعود أيضاً الى ارخميدس ، إلا أنه ، ولاول مرة قسم شق التكامل (Segment) إلى أقسام غير متساوية ـ وبصورة خاصة الى تصاعد حسابي ـ مما وصل به الى حسابات سهلة نوعاً ما تعادل حساب المتكاملة $\int_0^a \sqrt{x}\, dx$. وكان في هذا العمل ، خطوة الى الامام بالنسبة الى الاقدمين ، إذ أنهم ، وبصورة خاصة ارخميدس ، عرفوا الحسابات المعادلة لتكامل $\int_0^a x dx$ و $\int_0^a x^2\, dx$. وبعد ذلك بعدة قرون استعمل فرمات (Fermat) من جديد اسلوب تكامل مشابهة (أي قسمة الشق الى اجزاء ذات تصاعد هندسي) مما أتاح حساب التكاملية الاعم $\int_0^a x^{\frac{m}{n}}\, dx$

وفي كتاب آخر « كتاب حول حساب الاشكال البارابولية » حسب ابن قرة احجام بعض الاجسام الجديدة الدائرة ، والناتجة عن دوران شق البارابول المحدود بوتر والقطر المتزاوج معه، حول هذا المستقيم الاخير. هذا الحجم، حسب فيما بعد بشكل أبسط بكثير من قبل الكوهي (al-Kuhi) .

وتطلب حساب حجم الجسم الدائر المتكون من دوران شق البارابول حول وتر، والمعروض في كتاب « رسالة حول قياس الاجسام البارابولية » (Ibn al-Haytham) ، الجمع المسبق لسلسلة الاسات الرباعية للاعداد الصحيحة :

$$\sum_{k=1}^{k=n} x^4 = \left(\frac{n}{5} + \frac{1}{5}\right) n \left(n + \frac{1}{2}\right) \left[(n+1)\, n - \frac{1}{3}\right]$$ وهذا أمر لم يتحقق عند الاقدمين

والحساب الفعلي كان يساوي التكاملة الجديدة $\int_0^a x^4\, dx$. وهذه الاكتشافات وغيرها أيضاً ظلت غير معروفة في اوروبا الى فترة قريبة .

ويتوجب أيضاً ان نذكر البحوث حول الحركة غير المنسجمة. وهذه البحوث موجودة في كتاب علم الفلك للبيروني. وقد انتهى فيها المؤلف الى تصور السرعة الآنية، والى تسارع مثل هذه الحركة، كما انتهى ايضاً الى النظر في خصائص القيم المتغيرة عند قربها من اقاصيها وادانيها. وبمقدار ما هو معروف، لم يحصل لهذه الافكار العظيمة أي تطوير لاحق في العلم العربي. وكذلك لم تعط المناقشات الكثيرة في الادب الفلسفي حول الخصائص وحول العلاقات المتبادلة بين مفاهيم المستمر واللامنظور، العائدة، من خلال كتب ارسطو، الى زينون الإيلي(D'Elée Zénon)، وكذلك التأملات حول خصائص الاشكال السائلة ، والتي ترتبط بها بشكل وثيق، كل هذه لم تعط أية نتيجة ضخمة. ومع ذلك فقد لعبت الترجمات اللاتينية لكتب ابن سينا وابن رشد، فيما بعد دوراً مقدراً في الغرب ، اثناء بناء التيارات الجديدة للفكر الرياضي والميكانيكي من قبل مدارس اكسفورد (Oxford) و (باريس Paris) .

5 ـ علم الفلك

في مجال علم الفلك احدثت الطريقة التجريبية العربية، بما فيها من تراكم صبور للملاحظات، أوضح التقدم. وفي هذا المجال ايضاً أتاحت الجهود النظرية المقدرة تحسين المعرفة لبعض مظاهر الحركات النجومية ، في حين جهد المؤلفون على اختلافهم، وعبثاً ، في تجديد مباديء تفسير هذه الحركات .

وبخلال مرحلة بسيطة ، نهاية القرن 18 ، استوحى العلم العربي من مؤلف هندي ، اسمه سيد هنتا(Siddhanta)، ترجم من السنسيكريتية على يد محمد الفزاري (Al-Fazari) ، وهو ابن أول متخصص عربي في بناء وصنع الاسطرلاب ، الذي كان قد صنعه من قبل صابئة حران Sabéens) de Harran) . وعرف العرب ايضاً كتب فارسية ، ولكن علم الفلك اليوناني هو الذي طغى تأثيره عندهم . والمجموعات الرصدية العربية تنطلق من بطليموس ومن كتاب المجسطي الذي ترجمه منذ بداية القرن 9 سهل الطبري Sahl al-Tabari والحجاج بن يوسف Al — Hajjaj ibn) Yusuf . ومن الغريب أن يكون أثر الهند قد برز في اسبانيا الاسلامية ، بشكل مستمر، في مجال علم الفلك .

العوامل الرئيسية في انتشار علم الفلك - يرى البتاني(Al - Battani)، أن علم الفلك كان يعتبر في العالم الاسلامي العلم الانبل والاسمى والاجمل. وبالواقع فقد كان على علاقة مباشرة مع بعض متطلبات العبادة : تحديد شهر رمضان ، وساعات الصلاة، والاتجاه نحو مكة . فضلاً عن ذلك يدعو القرآن المؤمنين الى التأمل في قدرة الله في تكوين الكون وتنظيمه . ولهذا تحقق قسم كبير من الارصاد الفلكية الاكثر دقة - وبخاصة الارصاد التي اقتضتها اقامة جداول فلكية جديدة - والكشوفات الجيوديزية ، لغايات دينية . هذه الروابط الوثيقة القائمة بين الممارسة الدينية وبعض الارصاد الفلكية، تفسر أيضاً العدد الكبير جداً ، من الكتب المخصصة لصنع واستخدام آلات الرصد المحمولة مثل الاسطرلاب ومثل الساعة المربعة وكذلك كثرة عدد مراكز الرصد المتخصصة بدراسة حركات الشمس والقمر ، وايضاً ، انما بصورة جزئية ، الاهتمام البارز ، من قبل بعض الملوك من اجل صنع المراصد الكبيرة المزودة بالعديد من الآلات وبجهاز بشري عظيم الكفاءة .

انما يجب ان لا ننسى كل المظهر التنجيمي في البحوث الفلكية العربية التي تطورت ، عند الانطلاق تحت تأثير الكتابات الهلينستية، وبصورة خاصة كتاب «تترابيبلوس» (Tetrabiblos) لبطليموس . وقد اغرى هذا المظهر القرون الوسطى اللاتينية التي ترجمت ، ابو بكر AbuBakr، وابو معشرAbu Ma'shar، وابن ابي الرجال Ibn abi'lRijal. وكانت العائلة الفارسية بنو نوباخت Banu Nawbakht، التي كلفت بوضع طالع بغداد، المدينة الناشئة ، قد تركت لنا كتاباً عجيباً في التفسيرات التنجيمية للتاريخ المعاصر، سنة فسنة حتى سنة 933. وعلم الفلك او علم « احكام النجوم » ، ومن هنا ترجمته الى اللاتينية « بالتنجيم القضائي » اذ كان مرتبطاً جداً بعلم الفلك. والبحث عن الروابط، وعن التناقضات بين الكواكب، كان مناسبة لرصودات واوصاف دقيقة للسماء . حتى ان علماء مثل البتاني لم يأنفوا من محاولة حل مسائل تنجيمية، بكل دقة العلم، بعد ادخال حلول تريغونومترية صارمة عليها .

وقد تسبب هذا المظهر شبه التنبؤي لعلم التنجيم بقيام معارضة دينية أصولية ، سندها القرآن ، لتؤكد أن احداً غير الله لا يستطيع معرفة المستقبل . ومع ذلك ، قلما استطاعت هذه الانتقادات الحد من التنجيم وازدهاره . وقد شجع على ممارسته اكثرية الحكام. واذا كان بعض هؤلاء قد خصصوا الاعتمادات الكبيرة لبناء ولتشغيل المراصد الكبيرة، فانهم قد فعلوا ذلك لغرضين ، الاستخدام التنجيمي والاغراض الدينية .

ولكن شعبية التنجيم بالاسلام تعود أيضاً ، وبمقدار اكبر الى ازدهار التنجيم الطبي الذي كان من أنشط ناشريه علي بن رضوان (Ali ibn Ridwan) وعدنان العين زربي (Adnan Al – Aynzarbi) .

نهضة علم الفلك الرصدي - أقام المأمون ، الذي تولى الخلافة في بغداد من سنة 813 الى 833 مرصدين رئيسيين : مرصد الشمسية في بغداد ومرصد قاسيون قرب دمشق. وقام بالرصد فيهما عدة فلكيين : منهم حبش الحاسب (Habash Al – Hasib)، سند بن علي(Sanad ibn Ali)، العباس (Al-Abbas) ، يحيا ابن ابي منصور ، وقد أكثر هؤلاء من عمليات الرصد حتى يتثبتوا وحتى

يحسنوا في النتائج التي وصل اليها بطليموس ، وبصورة خاصة ، من أجل تصحيح الاحداثيات الكواكبية المتغيرة باستمرار بنتيجة تأرجح الارض (مبادرة الاعتدالين) . وأدت هذه الاعمال في سنة 829 الى وضع « جداول فلكية ثابتة = الزيج الممتحن » التي عقبت جداول الخوارزمي التي وضعت على ما يبدو وفقاً للطريقة الهندية[1] . وشارك الفرغاني ايضاً بهذه الاعمال، ولكنه حَضرَ سنة 848 جداول جديدة ملحقة بكتابه الشهير « عناصر علم الفلك » . هذه الرصودات المتنوعة بدت منفذة بالادوات الموروثة عن الاقدمين : ديوبتر (Dioptres) ، اسطرلاب مسطح ، كرات متداخلة (Armillaire) ، مساطر اختلافية المنظر ، ساعات جدران ، ساعات مائية يضاف اليها الاسطرلاب الكروي الذي وضعه ونفذه البُناة العرب : ابراهيم الفزاري Al-Fazari ، النيريزي Al-Nirizi ، جابر ابن سنان ، وقسطا ابن لوقه . ويدل الجدول الاحصائي بالنجوم الثوابت ، الذي وضعه سنة 880-881 العالم الفلكي الكبير ، البتاني، يدل بنوعيته وبالعناصر الجديدة التي استحدثها على التقدم الاكيد في تقنية الرصد. وفي القرن 10، تم انجاز سلاسل مهمة من عمليات الرصد على يد مجموعة بني امازور Banu Amazur ، وهي مجموعة وضعت عدة جداول[2] ، ثم من قبل ابو جعفر ومن قبل الخوجندي Al – Khujandi ، في الري ومن قبل ابن الاعلم ثم من قبل ابو الوفاء في بغداد. ويستحق عبد الرحمان الصوفي الشيرازي ان يذكر على حدة، لان كتابه « في النجوم الثوابت » ، والمزين بلوحات جميلة جداً (راجع اللوحة 32) تحفة من تحف علم الفلك الاسلامي . ويبقى جدوله عن الاحداثيات وحول عظمة الكواكب التدوين الوحيد لوصف السماء بشكل اصيل بعد بطليموس وارجيلندر Argelander . وكانت غالبية هؤلاء الفلكيين كغيرهم من الرصاد المسلمين الاخرين، قد قامت بقياس انحناء دائرة فلك البروج . والاهمية المعطاة لهذه العملية تعود في جزء منها الى بروز نظرية رجفان او اضطراب الاعتدالين ، وهي نظرية وضعها ثابت ابن قره. وكان المرصد الرئيسي الذي بني في القرن 10 هو المرصد الذي اقيم في جنائن القصر الملكي في بغداد بأمر من الخليفة شرف الدولة* Sharaf Al-Dawla ـ وكان هذا المرصد الملكي بقيادة الكوهي Al – Kuhi ، وقد عمل فيه ايضاً الصاغاني Al – Saghani وابو الوفاء Abu'l – Wafa ، وقد فاق مرصدي المأمون باهميته وتنظيمه الاداري الاكثر دقة وببرنامج نشاطاته الاوسع ، حيث عني بشكل خاص ومنتظم برصد مواقع الكواكب. وجدير بالذكر، مع ذلك ان هذا المرصد الذي بني سنة 988 لم يعمر طويلاً . الا ان هذه الخاصية ، ملحوظة بكل المراصد الاسلامية التي تبنى لا من اجل عمل دائم بل من اجل تحقيق اهداف خاصة معينة ـ على العموم وضع جداول جديدة ـ تقتضي مدة

(*) هكذا ورد مع ان هذا اللقب هو من القاب السلاطين السلاجقة وليس الخلفاء . (الترجمة) .

(1) ان كلمة زيج هندية وتعني : كتاباً يتضمن جداول فلكية وجداول ملحقة، تريغونومترية بشكل خاص، مع قواعد استعمال وتوجيهات تتعلق بالالات الرصدية البدائية .

(2) في كل واحد من هذه الجداول التي ذكرناها تطرح مسألة الاصالة . هل وضعت بناء على رصودات جديدة ام اضيف الى القيم الواردة في الجداول القديمة عدد ثابت يتلائم مع التأثير المفترض للارتجاج الحاصل بخلال المرحلة الزمنية المعتبرة؟ .

قصوى من الرصد مداها 30 سنة .

وقد أعد ابن يونس وهو أحد عظماء الفلكيين المسلمين جداول جديدة في القاهرة بين 990 و1007 . وسميت هذه الجداول « بالجداول الحاكمية » نسبة الى الحاكم خليفة القاهرة الذي رعاها . وبقيت هذه الجداول مستعملة لمدة طويلة . وفي دراسة حديثة حددت بصورة كلية معرفتنا بالمراصد الاسلامية (المراصد في الاسلام ، انقره 1960) بَينَ آ. سيلي (A.Sayili) ان ابن يونس ربما اشتغل في مرصد خاص، وان المرصد الملكي الشهير الذي بني بناء لامر الحاكم (Al – Hakim)، ولخدمته لم يكن له وجود . ويستحق الذكر . هنا وهناك معاصران آخران هما البيروني وابن سينا ، وذلك لنشاطهما كراصدين وبسبب التحسينات التي قدماها في تقنيات القياس .

في القرن الحادي عشر، أصبحت قرطبة وطليطلة مركزين مهمين للرصد الفلكي مع ابن صاعد(ibn Sa'id) وخاصة الزركلي (Al – Zarqali)، مخترع نمط جديد من الاسطرلاب « صافي الزركلي »، والمؤلف الرئيسي « لجداول طليطلة » (1080) . وفي الشرق، بنى السلطان السلجوقي ملكشاه(Malik chah)، ربما في الري، مرصداً مهماً ، عمل طيلة عشرين سنة ابتداءً من 1075 . وقد حقق عمر الخيام (Umar Khayyam) فيه اصلاحاً للروزنامة الفارسية، يبدو أن مبدأها كان دقيقاً بمثل دقة الاصلاح الغريغوري . والى هذا التاريخ ايضاً تعود الكرات السماوية العربية الاقدم التي وصلتنا .

وبدا القرن 12 فقيراً نوعاً ما في مجال الرصد الفلكي ، وعدا عن اختراع آلة جديدة للقياس، هي « التوركت » (Turquet) من قبل الفلكي الاشبيلي جابر بن الافلح(Jabir ibn Aflah) . هناك جدولان فقط يستحقان الذكر، اعد احدهما في مرو سنة 1115 – 1116 من قبل الخازني، والثاني في بغداد سنة 1129 – 1130 من قبل البديع الاسطرلابي(Al – Badi'al – Asturlabi) . وفي مطلع القرن 13 كتب المراكشي: الحسن المراكشي كتاباً اولياً ممتازاً في الرصد الفلكي في حين اخترع المظفر الطوسي الاسطرلاب المستقيم .

والعجيب ان الفتح المغولي، على يد هولاكو ، الذي جرَّ فيها جرَّ ، استباحة بغداد سنة 1258، ساعد على ازدهار علم الفلك من جديد. وبالفعل امر هولاكو، منذ 1259 ، ببناء مرصد قرب عاصمته الجديدة، مراغة ، مدينة واقعة في اذربيجان الايرانية ، جنوبي تبريز ، قرب بحيرة ارامية ، وقد فاق هذا المرصد بحجمه وتجهيزاته كل الانجازات السابقة . وتولى الرياضي العظيم والفلكي الايراني نصير الدين الطوسي ادارة هذا المرصد ، حتى وفاته سنة 1274 ، واشتغل فيه العديد من الفلكيين، ومن بينهم : الاوردي(Al – Urdi) ، الذي ترك لنا وصفاً دقيقاً لتجهيزات المرصد وأدواته[1] ، والقزويني، والمغربي، وابو الفرج وغيرهم . واذا كانت مشاركة الفلكيين الصينيين في نشاط هذا المرصد ليست ثابتة تماماً ، فعلى الاقل تحققت فيه مواجهة مثمرة بين أساليب وطرق علوم الفلك

---

(1)من بين هذه الادوات، نذكر، الساعة الربعية الحائطية، ذات الشعاع البالغ 4,3م والكرة ذات الحلقة، ومحلقة مدارية (منقلب الشمس)، ومحلقة اعتدالية وكاسر هيبارك (Hipparque)، ومساطر لاختلاف المنظر (بارالاكس) ودائرة سمتية، الخ . . .

الاسلامية والصينية[1] . ومنذ 1272 استطاع الطوسي ان يقدم الجداول الجديدة المعدة في مرصد مراغة ، وسماها « الزيج الايلخاني » ، التي عرفت نجاحا دائماً . هذه الجداول ، التي ربما كتبت بالفارسية ثم ترجمت فيما بعد الى العربية والتركية ، تضمنت اربعة كتب : 1) الاحداث التاريخية الصينية ، واليونانية والعربية والفارسية . 2) حركات الكواكب . 3) الروزنامات او الاحداث الفلكية السابقة . 4) الممارسة التنجيمية . ويبدو ان مرصد مراغة استمر في العمل حتى حوالي سنة 1315 ، وكان آخر مدير له ، هو أصيل الدين ، احد ابناء نصير الدين الطوسي . هذه المدة الطويلة الاستثنائية بالنسبة الى عمر المراصد الاسلامية ، سببها ان مؤسسه حصل له على الاستفادة من ريوعات منتظمة من املاك وقفية مخصصة له . وتم ايضاً بناء مرصد آخر ، في مطلع القرن 14 في تبريز بأمر من رشيد الدين وزير غازان خان ، ولكن نشاطه كان محدوداً وسريع الزوال . . .

ودلت المرحلة التي تلت على التراجع الواضح والمتزايد لمستوى علم الفلك الاسلامي . فبعض الكتب تناولت بناء واستعمال الاسطرلاب، وبعض الشروحات لمؤلفات اقدم ، وبعض الفصول في الموسوعات تدل، على كل ، على أن الممارسة الفكلية ظلت ناشطة . وحده عمل الراصد والمنظر ابن الشاطر ، القيم الزمني على جامع الامويين في دمشق ، يبرز مختلفاً عن تفاهة هذا الانتاج .

وبعد هذه الحقبة من التراجع ، جاءت ، في القرن الخامس عشر ، نهضة جديدة ولكنها كانت نهائية وعارضة . ففي سنة 1420 أمر اولغ بك(Ulugh Beg) (1393– 1449) حاكم تركستان وترانسوغزيان (بلاد ما وراء النهر) ببناء مرصد سمرقند وفيه عمل تحت اشرافه ورعايته عدة علماء عظام أمثال : الرياضي جمشيد بن مسعود الكاشي، والفلكي التركي القاضي زاده الرومي ، وخليفته علي بن محمد القشي . واصبح اولغ بك ملكاً على فارس سنة 1447 ، بعد موت أبيه ، ولكنه اغتيل وقتل بعد سنتين على يد أحد أولاده ، وادت هذه النهاية المأساوية سريعاً الى تراجع ثم هجر هذا المرصد الذي يضعُه اتساعه وأهمية تجهيزاته في المقام الاول بين كل المراصد التي بنيت في العالم الاسلامي منذ أيام المأهون(*) . وكان لهذا المرصد ، مثل كل المراصد الاسلامية ، هدف اساسي : وضع ازياج جديدة . وشكلت « ازياج اولغ بك » العمل الاكثر أصالة ، الذي قام به علم الفلك الاسلامي ، وقد عالجت مقدماته مختلف التواريخ الفلكية حول معرفة الوقت ، ومسار الكواكب ومواقع النجوم . وكان جدول النجوم الثابتة ، الذي نشر سنة 1917 من قبل إي . ب كنوبل(E.B.Knobel) ، شديد الدقة بالنسبة الى عصره . وهو الى ذلك، حصيلة ارصاد جديدة ودقيقة، وليس كبقية معظم الجداول الاسلامية مبنياً على حسابات بدائية تقريبية جداً ، مبنية على جداول سابقة .

وعرفت هذه الازياج أو الجداول، المسماة ازياج اولغ بك ، النجاحات التي تستحقها واستعملت لمدة طويلة في العديد من بلدان اسيا . ولا يبدو انها قد أثرت فعلاً في علم الفلك الغربي،

(*) ان البناء الاسطواني الشكل للمرصد قد تهدم اليوم بأكمله ، ولكن الحفريات ابرزت مقاطع من قسمه الهاجري بشعاع يزيد على اربعين متراً .

(1) كانت هذه الحقبة معلماً في بداية العلاقات الوثيقة بين علم الفلك الاسلامي والصيني . واعتبر وصول الفلكي الفارسي جمال الدين، الى الصين، قبل 1280 بداية مرحلة مهمة في تطور علم الفلك الصيني .

لانها لم تعرف في اوروبا الا في القرن 17 ، في وقت كانت الارصاد قد تجاوزتها وخاصة على يد تيكوبراهي(Tycho Brahé). يبقى أن نعرف كما يظن آ. سايلي (A. Sayili)، هل استخدمت مراصد الاسلام الكبرى كنماذج للمراصد الاوروبية في القرنين 16 و17. ورغم انه لا يمكن على الفور انكار امكانية مثل هذا التأثير، الا انه لا يوجد اي عنصر واضح يجيز حتي الان تأكيده .

في حين أنه من الظاهر ان علم الفلك الاوروبي بقي حتى القرن 15 متأثراً بصورة مباشرة بعلم الفلك الاسلامي الذي ظل طيلة اكثر من 6 قرون يقوم بعمل رصدي رائع تماماً .

وقبل مباشرة المظهر النظري لهذا العلم ، يجب أن نشير الى أن علم الفلك البحري عند العرب ترك رصودات مهمة جداً وخاصة في الابحار في المحيط الهندي، المسمى بحر الرياح الموسمية . ويجدر أيضاً أن نشير الى الكتب الخاصة التي خصصها العرب لصنع ولنظرية ولاستخدام الآلات الفلكية ، وخاصة الاسطرلاب، وقد سبق وذكرنا بعضاً من مؤلفيهم . ولكن هؤلاء المؤلفين كانوا كثراً للغاية . واليوم ما يزال في جوامع مراكش، موظف مكلف بتحديد ساعة الصلاة بواسطة اسطرلاب.

انتشار نظريات بطليموس ومناقشتها ـ اذا انتقلنا الان الى المظهر النظري لعلم الفلك العربي، فمن الواجب ان نذكر أن هذا القسم من العلم يتضمن ، كما يقول ش. آ. نالينو (C.A.Nallino) استناداً الى « القانون المسعودي » للبيروني : علم الفلك الكروي ، وتاريخ الرياضيات، وعلم المثلثات الكروية، والجغرافيا المؤسسة على الرياضيات. وبعد ان درسنا علم المثلثات والجيومتريا الكروية وكذلك مبادىء الرصد، يبقى ان نتفحص الكوسموغرافيا النظرية ثم الكرونولوجيا والجيوديزيا. ونبدأ بالمظهر الاهم اي دراسة الحركات الفلكية .

منذ بداية القرن 9 ترجم كتاب المجسطي الى العربية. وهكذا استطاع الفلكيون العرب معرفة نظرية بطليموس حول الكواكب ، وبالتالي الاطلاع على جدول الكواكب الموضوع من قبل الفلكي الاسكندري الكبير . وخلال حقبتها الطويلة الخلاقة استطاعت الاسترونوميا العربية ان تقوم أو أن تشرح مؤلف بطليموس وان تحاول تحسينه بفضل استكمالات دائمة في المناهج التريغونومترية ، وبفضل ارصاد اكثر دقة ، وتحسينات تفصيلية ، كما استطاعت ان تقلب المبادىء الاساسية في نظرية بطليموس ، وذلك من اجل الحصول على توافق أفضل بين النظرية ونتائج الارصاد . وتطور هذان التياران المختلفان جنباً الى جنب من القرن 9 حتى القرن 13 ، دون ان يتمكن احدهما سبق الآخر بشكل واضح .

ومن بين المؤلفات التي ناصرت بطليموس ، والتي بدت بنوع من الانواع كشروحات مستحدثة للمجسطي، يجب ذكر المطول الفلكي للبتاني، القرن9 ، وقد حسنت جداوله ، في نواحٍ عدة النتائج التي حققها بطليموس ، كما اوضحت ظاهرات جديدة متنوعة منها تنقل سمت الشمس الذي أكد الزركلي على وجوده. وفي القرن 10 كان ابن يونس ايضاً اميناً للاساليب البطليموسية . واذا بدت مبادىء المجسطي، في القرن 12 ، عرضة للانتقاد، فان هذا التيار انقلب خلال القرنين التاليين، وذلك على ما يبدو بسبب عدم تماسك النظريات المعارضة لنظريات بطليموس.

وكان التغير الكبير الاول، والمقترح ادخاله على النظام الفلكي الوارد في المجسطي من صنع ثابت ابن قره، في القرن 9، اذ أشار الى تغير دوري في عملية الميل، التى قال بها من قبل تيون الاسكندري (Théon) ، كما اشار ثابت الى تأرجح متزامن بين نقاط التعادل الفصلي . هذه النظرية الخاطئة ، والتي سميت بالارتجاف او بالدخول والخروج ، والتي تولاها الفرغاني والزركلي والبطروجي والمراكشي، ونصير الدين الطوسي، قبلها عدد كبير من الفلكيين، ومن واضعي الازياج الفلكية في العالم العربي وفي الغرب الوسيطي. ونجد تأثيراً لها في كوسموغونيا دانتي(Dante) ، وفي مطول سكروبوسكو Sacrobosco الشهير ، بل وايضاً حتى في كتب كوبرينك وتيكوبراهي Tycho Brahé . [1]

وهناك تعديل آخر تقدم به الخازن في القرن 10. إذ من أجل تفادي الصعوبات المفترضة في حركة الكواكب في الاثير ، افترض هذا المؤلف أن هذه النجوم محمولة بكرات جامدة وشفافة. وفيما بعد تبنى هذه النظرية ابن الهيثم الذي ركز على التناقضات الداخلية في علم الفلك البطليموسي ثم الخارقي ونصير الدين الطوسي، ولذا عرفت هذه النظرية انتشاراً واسعاً في الغرب[2] .

وقد ظهرت معارضة نظريات بطليموس بشكل خاص في اسبانيا المسلمة حيث قدم الزركلي ، في القرن 11، دعماً قوياً لفرضية الارتجاج. وفي القرن التالي قدم الفيلسوف ابن باجة ، وهو ينظر في طروحات فيلوبون(Philopon) حول طبيعة الحركة وسببها ، بعض اعتراضات على أسس نظريات بطليموس .

وبدوره انتقد جابر ابن الافلح (الفلكي جابر) - والذي انتشرت وجهة نظره في الشرق بفضل موسى بن ميمون - انتقد وصف بطليموس لحركات الكواكب ، واعتبرها غير متوافقة مع « فيزياء » ارسطو ، الا انه لم يقدم حلولاً صالحة كبديل. وقدم البطروجي(Al – Bitruji) ، بعد أن شجعه معلمه الفيلسوف ابن طفيل، اقتراحاً بالعودة الى نظام الكرات الوحيدة المركز الذي قال به ايدوكس وارسطو، بعد أن ادخل عليه تعقيدات اضافية بغية الاخذ بفرضية الارتجاج . ويمكن القول بشكل موجز، أن نظريته ، المسماة الحركة الحلزونية ، ادخلت مداراً بروجياً ثابتاً ، مرتبطاً بالكرة التاسعة (بريموم موبل) كما ادخل مداراً متحركاً قائماً على الكرة الثامنة التي يرسم قطبها دائرة صغيرة في هذه الكرة. وكانت وجهة نظر البتروجي قد انتشرت كثيراً ولكنها اصطدمت بمعارضة جدية ، ذلك أن الحلول المقترحة لم تبدُ لا أكثر صحة ولا أيسر استعمالاً من النظريات التي كانت تحارب .

والواقع ان ضعف علم الفلك البطليموسي لا يكمن أساساً في عدم توافقه مع نتائج الرصد التي ظلت غير دقيقة وغير مؤكدة ، بل في مبدأه بالذات : انها فرضية جمود الارض في مركز الكون .

وقد سبق للبيروني ان اعتمد في القرن 10 ، وبهذا الشأن موقفاً انتقادياً واضحاً . ولكن في القرن

---

(1) راجع بهذا الموضوع دراسة ج . بوجوان (Beaujouan G.)صفحة 611-612 .

(2) راجع أيضاً صفحة 612.

13 ، نوقش هذاالمبدأ بشكل علني جداً من قبل عالمين فارسيين : عمر الكاتبي وقطب الدين الشيرازي ، وكذلك من قبل اليهودي السوري ابو الفرج (بارهبروس)(Bar Hebraeus)، . ولكن هؤلاء المؤلفين رفضوا اخيراً فرضية دوران الارض ، مرتكزين بشكل خاص على التأكيد بأن الحركات في عالم تحت القمر لا يمكن أن تكون دائرية . وفي القرن 14 بدا ابن الشاطر الدمشقي وكأنه يقف موقفاً أكثر جرأة . قد بدا جهده ، واقعاً في خط اولئك الذين يعدون لاصلاح كوبرنيكي (راجع : ي . س . كندي (E.S.Kinnedy) وف . روبرتس (V.Robertis) ، في مجلة ايزيس (Isis) ، في مجلد 1957,48 ، ومجلد 1959,50) .

الرزنامة . الجيوديزيا ، والجغرافيا الرياضية ـ احتلت الازياج الرئيسية الفلكية العربية مكانة مهمة ، على الاقل في مداخلها ، بالمقارنة مع بقية التواريخ الفلكية (راجع الزيج الالخاني (Ilkhani) وزيج اولغ بك(Ulugh Beg) ، ومن المؤكد أن الفلكيين لا يستطيعون تجاهل مواضيع الرزنامة، ومن المعلوم ان السنة الاسلامية الهجرية هي قمرية ، ولا يمكن أن تكون الا طقوسية ، في حين أن الضرائب يجب أن تفرض بحسب الفصل الشمسي للمواسم . والرزنامة المضللة ، العربية الخالصة ، والقديمة جداً ، والمفيدة جداً نظراً لقدمها في آسيا الرياح الموسمية، والتي نقلها العرب الى صحرائهم ، هي رزنامة الانواء أو رزنامة منازل القمر الـ28، أو طلعات القمر، وهذه الرزنامة مأخوذة عن الرزنامة المسماة رزنامة الثريات ، التي درسها ج. فرازر(G.Frazer) . وهناك انماط أخرى من الرزنامات الشمسية درسها فلكيون مسلمون . نذكر بشكل خاص الدقة الممتازة في الاصلاح الذي قدمه سنة 1075 عمر الخيام . نذكر عرضاً وجود العديد من الكتابات التنجيمية المتصلة بالرزنامة ، والتي اخدت فيما بعد اسم « المناك » (Al – Manachs) أي التقويم ـ وهذه الكلمة يبدو انها مشتقة من عنوان رسالة كتبها الفلكي الرياضي المراكشي ابن البنا (Al – Banna) (1256 – 1321) : كتاب ـ Al) Manakh المناخ .

وكانت الاهتمامات الطقوسية والتنجيمية قد برزت في مجال الجيوديزيا ، قاضية بشكل خاص بتحديد الاحداثيات الجغرافية، بشكل دقيق من اجل بناء الجوامع ومراكز الرصد . ومنذ القرن 9 امر المأمون عدة مرات بقياس طول قوس الهاجرة للدرجة الواحدة . وذكر ابن يونس تفصيلاً قصة هذه العمليات التي اعطت نتيجة دقيقة نوعاً ما تقارب 113 كيلومتراً . وكذلك حدد المأمون بشكل دقيق ايضاً ما امكن الاحداثيات الجغرافية لمكة . وقام العديد من الرصاد ، ومنهم الخوارزمي بمحاولات لتحسين ولاستكمال العناصر الجيوديزية والخارطية في جغرافية بطليموس . ولهذه الغاية بدا من الضروري وضع تحديد جديد للاحداثيات الجغرافية ، وقد اهتم بهذا الامر العديد من الرصاد .

وقد اهتم علماء كثيرون بمناهج الاسقاط الخوارطي ايضاً . من ذلك انه في القرن العاشر استعمل البلخي (Al– Balkhi)، الذي استعاد عمله واكمله الاصطخري (Al – Istakhri) وابن حوقل (ibn Hawqal)، طريقة اسقاط غريبة نوعاً ما، والتي تميزت بانها أقل تشوهياً عند الاطراف من طريقة اليونانيين . وتشكل هذه الطريقة الجديدة عودة الى الطريقة الفارسية ذات الكشوار الستة :

اسقاط قطبي يرسم الاقليم المركزي من امبراطورية بشكل دائرة ، ثم تليها وتحيط بها ستة دوائر اخرى من ذات الشعاع انما متماسة فيما بينها. وفي القرن الحادي عشر، طور البيروني القياسات الجيوديزية وادخل طريقة جديدة للاسقاط الستيريوغرافي (ستيريو = مجسم، صلب وغرافي = تسجيل). بالمقابل استعمل الجغرافي الشهير الصقلي الادريسي، في خارطته « الخارطة العالمية » سنة 1154، نمطاً من الاسقاط او الترجيل قريباً من اسقاط مركاتور(Mercator). وفي القرن 13 و14، حققت اعمال جيوديزية مهمة من قبل المراكشي (احداثيات 135 موقعاً) ومن قبل نصير الدين الطوسي، وابو الفرج في مرصد مراغة .

6 ـ الفيزياء

ان كلمة فيزياء ، المفهومة هنا بمعناها الحديث ، تتوافق في الفكر العربي، مع عدة مجالات ، قليلة التمايز يومئذ ، انما تشكل حالة وسطى بين الرياضيات وعلوم الطبيعة من جهة ، وبين العلوم النظرية والعلوم التطبيقية من جهة اخرى. وهذه العلوم، هي التي اتاحت، بالاستناد الى الرياضيات، بناء ادوات (موازين، مرايا، الخ) تستخدم في علوم اخرى. والاقسام الوحيدة في هذه الفيزياء التي طورها العلماء المسلمون هي في الواقع الميكانيك (الستاتيك) [علم القوى المتوازنة الساكنة] والهيدروستاتيك التجريبيين؛ (الهيدروستاتيك = علم توازن الموائع وضغطها)؛ والافكار حول مبادىء الديناميك [= علم القوى المحركة] ، والبصريات ـ بالمعنى الواسع جداً ـ والموسيقى التي لا ننظر اليها هنا الا من ناحية انعكاساتها الرياضية والفيزيائية .

الميكانيك التجريبي : يرى الخازني مؤلف « كتاب ميزان الحكمة » (1121— 1122) وهو أحد الكتب الاكثر شعبية في الفيزياء ، في القرون الوسطى، ان الميكانيك يدرس بشكل خاص تحديد مراكز الثقل النوعي ، وشروط مختلف التوازنات. وفي هذه الدراسة، ارتكز العرب على ارسطو وارخميدس وبابوس. وهي توجب بناء الميزان والقبان واستعمالها . وعرف العرب ميزان الماء الذي حسنه الرازي الخيميائي وايضاً المظفر والخازني .

واستعملت هذه الآلات ، من جهة لقياس الزمن (عن طريقة تغير قيمة اومكان الاوزان المتوازنة في المرملة) تم لمختلف الوزنات ، وخاصة الوزنات المؤدية الى تحديد الاوزان النوعية (سند بن علي، الرازي، ابن سينا، ابن الهيثم، البيروني، وعمر الخيام وغيرهم)، وكانت بالتالي على اتصال باعمال الفيزياء والكيمياء. ومن جهة اخرى. تدل هذه الالات على النظرية الرياضية في بعض المعادلات، مثل معادلة النسب المتعاكسة (علاقة المسافات بين نقط الارتكاز فوق المحور الثابت) . واستخدم البيروني الميزان ليعرض قواعد الجبر والمقابلة. ودخلت النسب في تحديد دقة الموازين ، كما قدمها الخازني. واهتم هذا الاخير ايضاً بظاهرات الشعريات واستخدم بكثرة المكثاف (مقياس كثافة السوائل) . ونشير الى معلومات دقيقة حول نظام الاوزان والمكاييل المستخدمة من قبل العرب قد وجدت في بعض الكتابات الطبية وفي الادلة المخصصة لمفتشي الاسواق « المحتسبين » (ابن نصر، القرن 12) .

ويعنى الميكانيك ايضاً برفع الاثقال بواسطة الالات وبتحويل الحركات ؛ وحول هذه النقطة اتبع العرب « ميكانيك » هيرون (Héron) الاسكندري، الذي ترجمه قسطا بن لوقا. وهو يهتم بصنع الادوات المتحركة اوتوماتيكياً (بنو موسى). وقدمت تحسينات متنوعة على « الميكانيك » الهلينستي، وبخاصة الساعات المائية والفوارات المائية (الجزري Al-Jazri والاوردي Al-Urdi) . ونذكر عرضاً ان البحارة المسلمون هم الذين كانوا - في اواخر القرن الحادي عشر - أول من استخدم البوصلة في الملاحة. ولكن هذا الاستخدام لم يبرز الا في القرن 13 اعلنه القاباجاقي(Al – Qabajaqi) .

المناقشات حول مبادىء الديناميك - جاءت النظريات الميكانيكية التي ورثها العرب عن الاقدمين من الفلسفة الارسطية من جهة ، ومن جهة اخرى، من الكتابات الارخميدية حول الستاتيك . وعرف العرب الانتقادات التي وجهها جان فيلوبون (Jean Philopon) في القرن السادس ضد ميكانيك ارسطو ، وبخاصة ضد نظرية « الحركة المفتعلة » في القذائف . وقد عارض فيلوبون فكرة ارسطو حول العمل الدافع الآتي من الوسط ، وفضل عليها القول بوجود طاقة تعطيها آلة القذف وتختزنها القذيفة.

وأعتقد أيضاً أن سرعة سقوط أي جسم معين تتوازن في الفراغ عند سرعة معينة ، تتناسب مع القوة المحركة ؛ ففي الهواء تخف هذه السرعة نوعاً ما بفعل مقاومة الوسط . وتتيح هذه النظرية تصور امكانية حركة غير محدودة في الفراغ ، والتعبير كمياً عن بعض العناصر الاساسية ، مثل السرعة التي تكتسبها قذيفة مقذوفة ضمن بعض الشروط ، او مثل المسافة الذي يقطعها ضمن وسط مقاوم جسم مقذوف بسرعة معينة .

وربما كان ابن سينا أول مفكر عربي رجع إلى هذه الآراء فشرحها وطورها . وفي القرن 12 ، دعم ابو البركات البغدادي ، عند محاربته للعديد من نظريات آرسطو ، القول بوجود الفراغ [1] ، وأيَّد مواقف فيليبون Philopon وابن سينا ، وحاول بشكل خاص أن يفسر بالتالي فكرة قريبة من فكرة التسارع[2] . أما قانون حركة القذائف الذي قال به فيليبون (تناسب السرعة مع الفرق بين

---

(1) ان اهمية دور ابي البركات قد ابرزها سنة 1938س . بنس S.pinès(الطليعيون المسلمون حول نظرية الزخم ، (Archeion م 21 ,1938، ص 298 — 306). ورغم ان تأثير ارسطو وافلاطون قاد قسماً من مفكري العرب الى رفض الذرية ، ووجود الفراغ، فان العديد منهم، كانوا يحبذونها (أي هاتين النظريتين) إما بتأثير من فيلوبون (Philopon) ، أومن بعض الكتابات البوذية والجايينية (Jaiiniste) ، أوربما ، بشكل خاص ، لاسباب دينية معتقدية. وهذه الاسباب بالذات حملت بعض الذريين العرب على احياء فكرة الحركة المستقيمة، وجعل الحركة الدائرية تتابعاً من حركات مستقيمة. الا ان النتائج العلمية لهذه النظرية لم تستثمر.

(2) حملت مراقبة الزمن المتعدد الاطوار للكواكب، والتي اجريت بفضل المزولة الشمسية النصف كروية، بعض المفكرين، على تعميق مفهوم الزمن، والمفاهيم الميكانيكية المرتبطة بها. ولكن الامر يتعلق هنا بتفكير ميتافيزيكي دون مفعول محدد في المجال العلمي، ويجب أيضاً ان نذكر ان البيروني ادخل مفاهيم قريبة من مفاهيم السرعة الآنية وتسارع الحركة غير المنسجمة (راجع دراسة (A.P.Youschkevitch) .

القوة الدافعة والمقاومة) فقد طوره بذات الوقت ابن باجة (المعروف عند الغرب باسم آفينباس Avempace) ، الذي ذكر ان حركة الكرات السماوية دليل على حركة ذات سرعة متناهية في حال غياب أية مقاومة .

والواقع ، عُرِفَ موقف ابن باجة بشكل خاص بواسطة البتروجي Al — Bitruji (إن كلمة زخم أو قوة دافعة (impetus) ظهرت سنة 1217 ، في ترجمة كتاب هذا الأخير حول علم الفلك إلى اللاتينية من قبل ميشال سكوت) وبواسطة ابن رشد . وقد انتقده هذا الأخير بعنف ، رافضاً بشكل خاص فكرة ان المكان يمكن ان يحد من الحركة الطبيعية . كما انه رفض « الهامة الافلاطوني الحديث » والبارز فيه اهتمامه بالبحث عن طبيعة وعن سبب مطلق ظاهرة ، لا في المعطيات المباشرة الآنية المبنية على التجربة الحسية ، إنما بواسطة تحليل مسبق يتيح تخليص هذه النتائج من تأثير العوامل المختلفة . والأهمية التاريخية لهذه المناظرة تبدو ضخمة بمقدار ما أنه بواسطة اعمال هؤلاء المفكرين المسلمين عرف الغرب الوسيطي ، بصورة غير مباشرة ، موقف جان فيلوبون Jean Philopon . وربما كانت لهذه المناقشات في اساس نظرية « الزخم » وغيرها الكثير من التجديدات عند باعثي الفكر الميكانيكي الوسيطي الغربي .

المناظر أو البصريات : تحت تأثير التراث القديم ، امتد مجال البصريات الوسيطية من البصريات بالذات - بالمعنى العصري للكلمة ، من حيث مظهرها الجيومتري والفيزيائي والفيزيولوجي والسيكولوجي - حتى المنظور أو الأبعاد وأخيراً حتى مختلف المسائل الميتورولوجية والفلكية والفيزيائية بوجه عام .

في العالم العربي ، دُرِسَ هذا العلم بشكل خاص من قبل الفيزيائي المصري ابن الهيثم (965 — 1039) المعروف في الغرب الوسيطي باسم الهازن . وقد اثر كتابه « كتاب المناظر » تأثيراً حاسماً على تطور هذا العلم حتى القرن 17 ، ملهماً كل الذين يهتمون ، في العالم العربي - والغربي[1] بعلم البصريات النظري والتجريبي . ومع نشر « ديوبتريس » كبلر Kepler dioptrice (1610) فقط ظهر اتجاه جديد حقاً . واذن بدأ مؤلف ابن الهيثم وكأنه المساهمة الأكثر اصالة والأكثر خصباً في ما قدم في مجال البصريات قبل القرن السابع عشر ، ومؤلفه يمكنه بحق ، ان يعتبر من اهم ممثلي الفيزياء النظرية والعملية خلال الحقبة الوسيطية .

ويرى ابن الهيثم في كتابه ، بعكس اقليدس ، ان الأشعة الضوئية تنتشر بخط مستقيم من الشيء نحو العين . ووصفه لعضو الرؤية ادق من وصف من سبقه ، وكذلك تفسيره لعملية الأبصار ، رغم انه يجعل خطأً من الجلدة الخارجية للبؤبؤ العضو الذي يتلقى الضوء . ويمتد تحليله فيشمل المناظر ، والرؤية المزدوجة الأبصار ، واوهام النظر ورؤية الألوان .

---

(1) تجب الاشارة مع ذلك الا ان عمل ابن الهيثم الاصيل لم يعرف الا من خلال شرح الفارسي وان جزءاً منه ما يزال حتى اليوم غير منشور.

وبعد درس ظاهرات الانعكاس والانكسار ، حاول ان يفسّر القدرة التكبيرية للعدسات الكروية ، واجرى تجارب بواسطة مرايا كروية ومحدودبة (بارابولية) ، وشرح اثر التشويش الكروي . ولاحظ ان زاوية الانكسار لا تتناسب مع زاوية الانحدار . واتاحت له دراسته للانكسار الفضائي أن يشرح تضخم الشمس الظاهر عند الأفق ، وان يشير إلى ان الشفق يبدأ أو يتوقف عندما تكون الشمس قد سقطت تحت الأفق بما يعادل 19° . وحاول ايضاً ان يفسر ظاهرات اخرى « ميتورولوجية » مثل السراب ، والهالة ، وقوس قزح وطبيعة المذنبات . ونذكر اخيراً ان ابن الهيثم كان اول من استعمل الغرفة المظلمة وانه حلّ ، عن طريق تقاطع الهيبربول مع الدائرة ، المسألة المشهورة باسمه : وهي تحديد نقطة تماس شعاع ضوئي يجب أن يجمع بين نقطتين خارجيتين عن دائرة عاكسة وواقعتين ضمن سطحها ، بعد انعكاس الشعاع فوق محيط الدائرة .

وظل هذا العمل العميق والغني طيلة اكثر من قرنين ، مغفلاً لم يدرسة احد دراسة اصيلة حقاً . حتى جاء نصير الدين الطوسي ، في منتصف القرن الثالث عشر فاحيا الاهتمام بمسائل البصريات في العالم العربي .

وبمناسبة شرح « اوبتيك » اقليدس عالج الطوسي مسائل مختلفة تتعلق بطبيعة الضوء والألوان . وعالج تلميذه قطب الدين بدوره مسائل متنوعة حول البصريات الهندسية والفيزيولوجية ، مقدماً أولى المحاولات في التفسير العقلاني لقوس قزح بواسطة الانعكاسات والانكسارات المتتالية ضمن حبيبات المياه. وعالج هذه المسألة بالذات، وبذات الحقبة القزويني والقرافي. إلا ان تلميذاً لقطب الدين، هو كمال الدين الفارسي (ت1320) ، قد ساهم بشكل أكثر فاعلية في نهضة البصريات ، وذلك ببعث كتاب ابن الهيثم ، مع شرح موسع له . ومن بين المداخلات الأكثر أصالة لهذا المؤلف ، نشير إلى ملاحظاته حول المنظور الهوائي ، وحول نظرية الألوان ، وإلى اقتراحه استعمال عدسات مجوفة (هيبربولية) من اجل التغلب على الزيغان الكروي ، واستخدامه للغرفة السوداء في علم الفلك الرصدي ونظريته حول قوس قزح ، القريبة جداً من النظرية التي طورها بعد ذلك بقليل في الغرب تييري دي فريبرغ Thierry de Freiberg . ونذكر أخيراً ان الفارسي ، في دراسته للانكسار ، قد أشار ، بعد مؤلفين كثر أمثال البيروني ، إلى أن سرعة الضوء كبيرة جداً ولكنها متناهية ، موضحاً أنها تتناسب عكسياً مع الثقل النوعي البصري للأوساط المقطوعة . وقد حاول بعض الشراح الحديثون ان يروا فيها تخطيطاً أولياً للنظرية التأرجحية ، ولكن هذا الرأي يبدو دقيقاً وصعب الإثبات . فبعد الفارسي ، لم يظهر أي عالم عربي اهتماماً فعلياً بالبصريات ، وهي مجال عرف نهضة بارزة وواضحة في الغرب .

الموسيقى : حاولت كتب الموسيقى ان توضح أولاً المسافات والقياسات ، انطلاقاً من الأوتار الأربعة في « اللوث » Luth (= العود) ومن الأنغام (النوطات) السبعه الأساسية . ثم جاءت دراسة الأصوات (Modes) (واسماؤها التجريبية العملية ، المستقلة عن النظرية اليونانية ، هي فارسية ، ولم تظهر في الكتب إلا في القرن 11 ، مع ابن سينا الذي ذكر منها ثلاثة : النوى Nawa ، أصفهان Isfahan ، والسالماكي Salmaki) ، ثم النبرات النمطية ، وكل ذلك دمج ،

بصورة مصطنعة نوعاً ما ، ومن أيام الفارابي ، ضمن اطر يونانية .

ولكن منشأ الموسيقى السامية (العربية لأن الموسيقى العبرية والآرامية قد تَهلنتا) يبدو مستقلاً ، ومرتبطاً بالمسألة السامية الخالصة المتعلقة باختراع الروي أو القافية ، في حوالي القرن الخامس ، وبآنٍ واحد من قبل شعراء يهود وعرب ، كما يبدو مرتبطاً أيضاً بحروف المد النهائية ذات الخنة أو الغنة (الأنفية) . وعلى كلٍ ، كانت الجماهير العربية والمستعربة والمسلمة ، متقبلة للموسيقى الايقاعية ، وللترجيع ، ولانغام الرقص ، وللأشعار الشعبية الزجلية .

وكانت الموسيقى ترتكز على نماذج ايقاعية متمايزة (مصنًفة ضمن كتب متداولة شعبية بأسماء عربية خالصة) ، سلاسل من الضربات الآنية ، أما تكتكة أو صوتية مع سكتات تقطيعية (تفعيلية) . هذه الموسيقى الايقاعية ، حيث يبدو التلوين الميلودي ثانوياً ، تبدو ذرية ؛ انها لحظات ، مجمعة بدقة لا مثيل لها . إنها موسومة بهذا المفهوم السامي للزمن النفساني ، غير المستمر ، بنبضات تأرجحية ، مفهوم ملحوظ في القرآن ، وعند الأنبياء اليهود ؛ وهو يختلف عن الهرب الخطي المستقيم للزمن ، إذيعدالحركة بواسطة الساعة المائية الأرسطية .

واهم المنظرين المسلمين في الموسيقى هم الفارابي (القرن العاشر) وابن سبعين Ibn Sab'in وصفي الدين (القرن 13) وعبد الله بن خليل (القرن 14) .

V ـ الكيمياء والعلوم الطبيعية والطب

المجال والمفاهيم الأساسية : ان العلوم ، المسماة ، في التصانيف بعلوم الطبيعة ، يمكن أن تدرس معاً ، وسواء تعلق الأمر بالظاهرات الجوية (متيور) ، أو بالجغرافيا الفيزيائية ، أو بالكيمياء أو الخيمياء ، أو علم الحيوان (زيولوجيا) أو بعلم النبات أو بالزراعة أو بعلم المناجم ، وأخيراً ، بالطب . ونجد في كل هذه المجموعات من العلوم ، نفس المفاهيم الأساسية التي لا تختلف فيما بينها إلا في المجالات التي تطبق فيها . وترتكز هذه المفاهيم على التفريق القديم بين العناصر الأربعة : أرض ، ماء ، هواء ، ونار ، وكذلك على الصفات البدائية الأربع ، الحر والبرد والجفاف والرطوبة . وسواء تعلق الأمر بتحويل المعادن ، أو بشرح البردة أو العاصفة ، أو الاعلام عن قدرات المفردات (او النباتات الطبية) ، أو تأليف الادوية أوبعرض مفعول الرطوبات على الصحة او المرض ؛ فلا بد من العودة دائماً إلى نظام الصفات . وتدخل فيه ، حتى الدرجات ، وذلك من اجل التعبير الأدق عن كل دقائق الظاهرات ، ويجري الكلام عادة عن جفاف أو عن رطوبة ، وعن حرارة أو عن برودة من الدرجة الأولى أو الثانية أو الثالثة أو الرابعة .

وتعتبر القناعة ـ بأن التأثير على هذه الخصائص ، بزيادة احداها ، وإبطال الأخرى أو تخفيضها ، أو لجمها أو استكمالها فيما بينها يمكن أن ينتج كل شيء في الطبيعة ـ قناعة سائدة شاملة ، في هذه الحقبة في كل مجالات هذه العلوم . واذن فمفاهيمها هي بآنٍ واحدٍ نظرية وعملية . وهي تشرح وتؤسس بذات الوقت تقنية . ذلك ان الصفات الأولية تمتزج لكي تشكل العناصر . وهكذا

تكون الأرض باردة وجافة ، أي انها مكونة ، كما يقول كروس Kraus، من اتحاد : البرودة مع الجفاف مع المادة .

وكذلك أيضاً : ماء = برودة + رطوبة + مادة ؛ والهواء = حرارة + رطوبة + مادة ؛ والنار = حرارة + جفاف + مادة . وبالتالي يمكن أن نكتب : حرارة = نار بدون جفاف ؛ جفاف = أرض بدون برودة ؛ وبرودة = ماء بدون رطوبة ؛ ورطوبة = هواء بدون حرارة .

إن ممارسة الخيمياء كممارسة الطب ، تقوم على إيجاد الأجسام التي تحول هذه الصفة الأولية وتستجلب صفة اخرى . فضلاً عن ذلك وبهذا المعنى يحتمل تأثير مختلف الأجسام درجات . من هنا جاءت الفكرة القائلة بامكانية توليد المعادن ، في العالم غير الحي ، كما تستعاد الصحة في عالم الاجسام الحية . والتشابه الأساسي بين الخيمياء والطب يوجب وحدة كل هذه المجموعة من العلوم ، كما لو ان علماء ذلك الزمن قد عرفوا استمرارية العلاقة او التسلسل بين العضوي واللاعضوي . وكلمة ادوية تستعمل بآنٍ واحد من قبل اهل الخيمياء والأطباء .

الميتورولوجيا : ان علم الارصاد الجوية عند العرب يرتكز على علم ارسطو . ولم يجدد الكندي ، في « رسائله » بقدر ما قدم الشروح والتبسيط والمنهجة العقلانية ، وكلها امور كان يفتقر إليها نموذجه اليوناني . إن ارسطو يترك احياناً للقارىء في حرج بين عدة فرضيات ليست دائماً متوافقة في مبدئها . ويرد الكندي إلى لعبة الأسباب ، التي تنتج الظاهرات الارصادية الجوية ، إلى بعض المبادىء التي يستند إليها بانتظام : كالصفات الأولية ، بما لها من قيم نسبية ، وحركة الكرة التي تحدث خلائط وتقترن بالسخونة ، أو بالضغط او بالتمدد . لا شك ، إن الاسباب التي إليها يرد ، في المآل الأخير ، كل الظاهرات ، هذه الأسباب ترتبط بهندسة بناء العالم هندسة ساقطة وباطلة : نظام الكرات ونظرية مكان العناصر المختلفة . ولكن الأمر الذي لا شك فيه أن جهده من اجل توحيد التفسير ، لم تصل به إلى القوى الفيزيائية الحقيقية التي تنتج الظواهر الكونية .

الخيمياء : ان الميتورولوجيا هي قسم من العلوم الطبيعية يعنى بدراسة الظاهرات التي نسميها فيزيائية ، لأن دراسة الحركة والجاذبية تكشف ، سنداً للتصنيفات ، عن ارتباطها بالعلوم الرياضية . فكيف يمكن الانتقال من الواقعة الميتورولوجية إلى الواقعة الكيميائية في الخيمياء ؟ لا يمكننا أن نقول أن الهدف هو من جهةٍ العنصرُ الصافي أو العلاقات بين العناصر الصافية ، كما تصورها الكوسمولوجيا الفلسفية ، هذا من جهة ومن جهةٍ اخرى ان الغرض هو العناصر المتضافرة لتشكيل طبيعة الاجسام . ان العناصر التي تدخل في انتاج البردة أو الكواكب المذنبة أو قوس القزح ، الخ ، تعرض دائماً بحالة الخليط ، مع سيطرة احد العناصر على الأخرى . فضلاً عن ذلك تتجاهل الخيمياء بساطة الواقعة الكيميائية . وهذا الانفصال يعود إلى ان الخيمياء ، مع استعانتها بالصفات الأولية ، تهتم بصفات اخرى ، بفضلها تميز بين مختلف المواد الشبه معدنية .

يعالج كتاب الظاهرات الفضائية « ميتيرولوجيك» (الكتاب 4 ، حول تكون الحجارة ،

النيازك ، المتحجرات ـ وتكون الجبال والمعادن) هذا الكتاب يعالج بعض القوى التي تتفاعل في « الفن » ، هكذا كانت تسمى الخيمياء (الصنعة أو الصناعة) : إنها ، من جملة اشياء اخرى (التفخير) (التكثف والتعلب) وهي الجمود أو الترسب والتماسك ، وهي الدخان أو (التبخر الجاف) ، وهي الرطوبات أو الأبخرة ، وهي الانصهار ، والترسب وتطابق الصخور الرسوبية . ونجد في قسم من كتاب الشفاء لابن سينا اشارة إلى هذه الظاهرات ، وإلى المواد اللزجة أو القابلة للذوبان أو الذائبة في الماء أو المتكلسة التي لا تذوب أو المطاطة الخ .

« ان أشباه المعادن يمكن ان تقسم إلى 4 مجموعات : الحجارة ، الأجسام الذائبة ، والكبريت والاملاح . وهناك الاجسام شبه المعدنية ذات النسيج الخفيف المادة ، المتراخية في تركيبها وفي مزجها . وهناك اجسام اخرى ذات مادة صلبة قابلة للانطراق او غير قابلة . ومن بين الاجسام ذات المادة المفككة هناك الاجسام المالحة التي يذيبها العنصر الرطب بسهولة مثل الشب والفيتريول وملح الأمونياك والفيتريول الأخضر (القلقند) . وهناك الاجسام الدهنية ولا يمكن للعنصر المائي ان يذيبها بسهولة مثل الكبريت والزرنيخ » (ابن سينا الاجسام المتجمدة ، الطبعة والترجمة الانكليزية بقلم ي . ج . هولمايار ،E .J . Holmyard ود. س . منديفيل ، D .c .Mandeville ، باريس ، 1927) .

هذا التصنيف وهذه الأوصاف هي في أساس المعتقدات الخيميائية . ولكن الخيمياء تهتم بشكل خاص بالصفات المتكونة بفعل كل اشكال الألوان . ويرى ج . هوبكنز J. Hopkins ، في مقالة عبقرية له (نظرية جديدة في الخيمياء ، مجلة ايزيس مجلد 7 ، 1925) ان المثال الأسمى عند الخيميائيين هو تحقيق افكار وردت في كتاب « التيمي » Timée ، ولدى الأفلاطونيين الغنوصيين :

« ان المادة واحدة . وكل شيء موجود محكوم بالخير ويسعى إلى التقدم . وكل طبيعة حية . وكما يمكن تغير شخص بتغير عقله ، يمكن « تصحيح » معدن بتغيير جوهره ، و« بمعالجته » بالادوية (وهكذا نجد عبارة فضة مهذبة ، اي فضة نقية ، ومقارنتها بنفس العبارة من ذات الجذر تهذيب الاخلاق .) ويوجد سلم استكمالي في الألوان : الأسود (وهو لون المزيج من القصدير والرصاص والنحاس والحديد ، وهو نقطة انطلاق العمل) ، الأبيض (لون الفضة) الأصفر احمر (وهو لون الذهب) ، اللون البنفسجي الأرجواني ، (وهو اللون الملكي للاكسير الأحمر) . والمسألة تقوم على تلوين المعدن وبالتالي اكتشاف الصبغة الملائمة ، لان اللون يشكل الفرق الوحيد بين المعادن » (ان لون الحجارة الكريمة لا يشكل عائقاً بوجه هذه النظرية ، لأن الظن كان يسود بأن الأحجار الكريمة ناتجة عن عارض طارىء في تفاعلية التمعدن في المادة) .

وفرضية ج . هوبكنز J. Hopkins تقول ان الوسائل الخيميائية مأخوذة من تقنيات التقليد مهما كان نوعه (ذهب مصطنع ، أرجوان مصطنع) وهذه التقنيات شكلت صناعة مزدهرة في الاسكندرية في آخر العصور القديمة . فقد كانوا يحاولون تحمير المعادن بواسطة الاملاح التي تثبت الألوان او تغيرها .
وهذا ما كان يسمى بالخميرة. وكانوا يعرفون كيف يعالجون مزيج الذهب والمعدن الحقير، بشكل لا يظهر على السطح الا المعدن الثمين. وهذه التجربة حملت الخيميائين الى القول بنظرية مفادها ان المعدن

السليم ، بحكم سمو جوهره يسيطر على المعدن الحقير فيحول الجميع الى ذهب .

إلا ان النظرية ، صححت عند التطبيق . واعترف الجلداقي Al Jildaki (حوالى 1360) « ان الذهب العادي لا يعطي صبغة يمكن ان تلون بقية المعادن ، لأنه يحتوي فقط على اللون الكافي لجرمة فقط . وهو لا يحتوي على أي فضلة صبغية » . وهذه الملحوظة تعود إلى حقبة شكك فيها بامكانية التحويل ، وهي تتيح التميز بوضوح بين المظهرين اللذين ارتدتهما نشاطات الخيميائيين من قبل . من جهة هناك تطبيق اية تجارب تشكل بذاتها المقدم الايجابي للخيمياء : هناك وسائل (التلوين والتلميع واكتشاف خصائص بعض المزائج ، ووصف العمليات الكيميائية ، مثل التدبير اي معالجة الاجسام والسحق اي الطحن والتفصيل أي التفكيك ثم التمزيج اي الخلط ثم التحليل أي التذويب ثم الصبغ أي التذويب وأخيراً التقطير اي التنقية ، ثم التصعيد او التسامي ثم التشميع اي التطرية وأخيراً التكليس ثم الإلغام أو تحضير المزيج الخ) واختراع المعدات . ومن جهة أخرى هناك الايمان بالتحول ، المرتكز ، على فلسفة بل على كوسمولوجيا صوفية ترى الكون مخروقاً بقوى روحية او عقول موجودة في كل الكائنات ، منذ المادة الترابية ، من اجل اعطاء هذه الكائنات كمالاً مثالياً ، هنا لا يتعلق الامر بجواهر Substances حقيقية بقدر ما يتعلق بفكرتها الافلاطونية . فالذهب بذاته له القدرة على تلوين كل شيء . وفي هذه الاجسام المثالية نعثر على الخصائص والقوى الصافية . ان البحث عن الاكسير يقوم على استخراج الجوهر الذي يمتلك هذه الخصائص وهذه القدرات النقية ، بشكل يمكن من صبغ كل المعادن بالذهب ، وذلك بواسطة معالجة الاجسام الحقيقية . هذه الصفة المثالية للمفاهيم هي التي تفسر المظهر التعليمي والباطني الذي ارتدته الخيمياء ، وكذلك لغتها الغامضة « دكنانم » Decknanem تعابير سرية مستعملة للدلالة على المواد .

« من ذلك ان الكبريت يسمي : الواقد والنار ، والأصفر والمحرق والعقرب ، وذو الجناحين والشمع والصمغ والخضاب . وهذه الأسماء كما نرى اطلقت اما بفعل التشبيه (الذي يلعب دوراً كبيراً) أو بفضل الخصائص الحقيقية ، أو أخيراً بالنسبة إلى القوة العملياتية الخالصة التي تكمن في هذه الاجسام التي سبقت تسميتها . ولدينا لوائح بهذه الأسماء السرية فيما يتعلق بالحديد والنحاس والرصاص والزئبق وملح الامونياك » (راجع ي . ج . هولميار ، E . J . Holmyard ، ايزيس Isis مجلد 8، 1926) .

وقال بعض الخيميائيين بوجود اكسيرين : الأبيض والأحمر .

« إن خصوصية الاكسير الأبيض تكمن في قدرته على تحويل كل ما هو أسود إلى ابيض دائم . وهو ينزع من النحاس الحرارة ويصبغه بالأبيض ويحوله إلى فضة بفعل الصنعة . أما الاكسير الأحمر فيبعد من الفضة برودتها ويحولها إلى ذهب بفعل الصنعة » (جلداكي) (Jildaki) .

وللحصول على الاكسير كان لا بد من تشكيل مزيج ذي لون أحمر فاقع . وعثر على ان مزج العناصر المتناقضة ، المتمثلة بالزئبق والكبريت يعطي هذا اللون الثمين . ولم يبق إلا استخراج اللون كما يفعل الصباغون ، بالتذويب في الماء خلال يومين . ويتلقى الماء اللون وبعد التبخير يبقى الأحمر

ككتلة شبيهة بالعسل أو بالشمع . والاكسير هو الدواء بالنسبة إلى المعادن . فهو يجمد الزئبق ويقوي القصدير ويبيض النحاس ويصفر الفضة .

وتتأكد فرضية هوبكنز Hopkins بما نعرفه عن بعض الصناعات مثل صنع شفرات السيوف وشحذها . ولدينا عدة كتب حول هذا الموضوع وخاصة كتاب الكندي الذي حلله ج . هامر ـ بورتال . المقصود هو الحصول على لمعان الفولاذ (الفرند Firind) .

ولكن هامر بورتال Hammer — Purgstall لم يقدم في ترجمته (الصحيفة الآسيوية مجلد 1854,3) الرنين الخيميائي الموجود في النص . ان فكرة الكندي هي التالية :

« اما الأرض ، أو ما يسمونه بالأرض ، انها التربة في عنصرها الأول اي المادة التي ليس لها في الحديد لمعان . وهكذا يتكلمون عن الأحمر وعن الأخضر (= البني الزيتي) وعن اللون الأدكن للأرض . واللون الأدكن يمثل حالة المادة في احط حالاتها المعدنية اي الأقرب من العنصر الترابي . ومعالجة الجسم بالتلوين تحييه وتولده . « وعندما أقول قبل الطرح (اي التحويل) وبعده اقصد الكلام عن الدواء المطبق على الحديد لتحويله إلى فرند Firind أي فولاذ . وعندما أقول ان السيف احمر اقصد انه صقل واقصد البريق الذي وضعه الصناع فيه . . . » .

ومع ذلك ، لا يمكن تمييز كل نظرية الخيمياء على اساس فكرة توليد المعادن عن طريق علاج الصبغة . فقداستلهمت عمليات الانجاز العظيم من مفهومين .

أولاً : يشير مؤلف كتاب « رتبة الحكيم » ، المنسوب إلى المجريطي ، والذي يعود إلى القرن 11 ، أن الطبيعة تتبع دائماً نفس الأساليب ، ولا تصنع الشيء نفسه بوسائل مختلفة . وبالتالي يتوجب على الخيميائي أن يبذل جهده في محاكاة الطبيعة . ورغم ان المؤلف يستعمل هنا أيضاً محاكاة الأطباء فهو يعرض العقيدة المقبولة يومئذٍ حول تشكيل المعادن في الطبيعة انطلاقاً من مزيج من الكبريت والزئبق المحمى داخل الأرض . ويتوجب إذاً انتاجه في بؤرة حرارية عليا من اجل تسريع عملية تجربة والحصول على النتيجة المرجوة . (راجع فيما بعد تجربة جابر ابن حيان) .

ثانياً : وهناك مفهوم آخر للعمل الخيميائي يتجاوب جزئياً مع سؤال يطرح : لماذا لم يراع الخيميائيون الأوزان النوعية في حين أن العلماء اليونان قد قاسوا هذه الأوزان وإن العلماء العرب ساروا بهذه الأوزان إلى درجة عليا من الدقة ؟ . وحتى في الحياة اليومية ، كان المحتسب يتثبت من النقود ويفحص عن كل المنتوجات المغشوشة . وكتاب الحسبة الذي نشره ج ـ س . كولان G.S.Colin وي . ليفي ـ بروفنسال E.Lévi — Provençal يقدم لنا معلومات مفيدة عن نشاطات هذا الموظف .

« كان يمنع الصباغين من استعمال أحمر ألْقَبان (وهي شجرة من الهند وزنجيبار Zanzibar ذات أغصان حمراء) ، لأن هذه الصبغة تزول سرعة » وأيضاً « كان يمنع صانعي الجفصين من مزجه

بـالتراب . . أوإخـراجه من الفـرن قبل نضجـه (أي نيئاً) أوتـركـه فيـه خـاضعـاً للطبخ الشـديـد إلى أن يصبح رملا غير صالح للاستعمال . والدليل على عدم نضج الجفصين ، عدم تصلبه عندما يُعجن . والمطبوخ جيداً لا يتصلب إلا بعد ساعة » .

هذه هي بالنسبة إلى المصابغ ، عيوب وخلائط الصناعة . ولكن فضلاً عن ذلـك ، « يفرض المحتسب على الحدادين أن لا يطرقوا المسامير التي سبق استعمالها حتى يبيعوها وكأنها جديدة ؛ وكان يطلب ان يكون لكل نوع من المسامير الجديدة ، الوزنُ الذي يتلاءم مع فئته . . . ولما كان الحدادون يغشـون في أوزان المسامـير : فهم كانـوا يخضعُون الحـديد عن طـريق الاحماء لعمليـة تقتضيها الصنعـة حتى لا ينكسر المسمار عندما ينطعج ، وحتى لا يلوى عند ما يضرب بالمطرقـة » . ومع ذلـك فلا اعتبـار للثقل النوعي . ومـع ذلك كـان على المحتسب أن يكتشف الغش في الـطبخ : [راجـع الطبـخ] : أي « الاستعداد لتقليد نوعية المعدن » وبهذا التحضير يعطى المسمار متانة تؤخذ فقط من حجمه . ولكن نورد مقطعاً أكثر وضوحاً : كان المحتسب يفحص الكافـور بالمـاء : فإن سقط إلى الأسفـل فذلـك لأنه مغشـوش بالـرخام الـطري او بلب حجـر الكلس الحي . وإن عـام فهـو سليم » (كتـاب اسبـاني عن الحسبة ، باريس 1931) .

هذه المعلومات تدل على أن المحتسب يجب أن يكون على اطلاع بالتقنيـات بشكل واسـع ، والكثير منها كان ذا علاقة بالوسائـل الخيميائيـة . صحيح ان هـذا الكتاب لا يـذكر شيئـاً عن غش الصاغة ، ذلك ان المشترين لهذه المادة كانوا أكثر يقظة ، وكانوا يتثبتون بأنفسهم من نـوعية المعـادن والحجارة : رأينا ان العرب عرفوا الميزان المائي وقد استخـدمه العـديد من العلماء لتحـديد الأوزان النوعية .

ومهـما يكن من أمـر هنـاك طـريقـة ثـالثـة كـان الخيميـائيـون يستعملونها للتثبت من الأوزان والأحجام . كانوا عندئذٍ يسعون إلى إنتاج جسم يبدو شبيهاً ، من هذه الزاوية ، بالمعدن المرغوب في الحصول عليه . ومع ذلك فقد كانوا لا يهملون تقليد اللون والصفات الأخرى .

لقد انتقد آ.ج. هوليار E.J.Holmyard م.برتلو M.Berthelot حول هذه النقطة واعتبر ان الخيمياء العربية في تطورها قد شكلت تقدماً اكيداً .

وورد حول هذا الموضوع (مجلة ايزيس مجلد 6, 1924) مقطع من كتـاب الرطبـة حيث يصف المؤلف عمليـة أكسدة الـزئبق : « وجـدت ان الـزئبق قـد قلب تمـامـاً إلى بودرة حمـراء ، نـاعمـة الملمس ، وكـان وزنها على حاله » ويذكر هوليار Holmyard : « أنه لم يحصـل أي مكسب في الوزن ، وهـذا ليس بالأمر العجيب ، إذ أن قسماً من الزئبق ، ربما فقد بالتطاير ، في حين أن زيادة وزن الزئبق اثناء عملية الأكسدة ليست إلا حوالى 8% ومع ذلك يعتبر سعي المؤلف إلى إنجاز تجربة كمية ، عملاً مهماً بذاته ، ويدل على انه قد انتبه إلى قاعدة اساسية في علم الكيمياء » . وإذا كانت نظرية كتاب « الرطبة » لا تعبر عن تغيرات كبيرة بالنسبة إلى النظريات السابقة ، فإن هذا الكتاب أي الرطبة يدل على « التقدم

الحاصل في المناهج التجريبية وفي المعرفة العملية » .

وهكذا نعود إلى نفس التمييز بين النظريات التي قلما تختلف ، او التي تشبه ، في هذا الامر ، الأفكار السحرية وبين البحث التطبيقي الذي يؤدي بصورة تدريجية إلى اكتشافات علمية حقة بمعزل عن أحلام الاستغلال

ونذكر أسماء قسم من الخيميائيين المسلمين منهم : خالد بن يزيد (ت . سنة 704) ، والذي عمل على ترجمة العديد من الكتب اليونانية ؛ جابر ابن حيان ؛ ابن الوحشية (القرن العاشر) ، أبو بكر ابن زكريا الرازي ، الفارابي ؛ المجريطي (ت . 1007) ، الكاثي (القرن 11) ، الطغرائي (حوالى 1122) ؛ الجلداكي (القرن 14) ؛ العراقي (ت . حوالى 1360) .

جابر والمفاهيم الأساسية في علم الخيمياء : قام ب . كروس P . Kraus بدراسة واضحة جداً عن الخيمياء العربية عند درسه لجابر .

فالمعادن تتصف ضمن ثلاث فئات . 1) الأرواح ، وهي مواد تتطاير تماماً بفعل النار ؛ 2) الاجسام المعدنية : وهي المواد القابلة للذوبان والتطريق . 3) الاجسام أو المواد شبه المعدنية ، وهي مواد قد تذوب أو لا تذوب ولكنها لا تطرق ولا تسحق .

(والأرواح) عددها خمسة الكبريت ، الزرنيخ ، الزئبق ، الامونياك ، الكافور . أما المعادن فعددها 7 : الرصاص ،التوتيا ،الذهب ،الفضة ،النحاس ،الحديد ،والكرسيني .وهذا المعدن الأخير غير موجود برأي الرازي ، أما القزويني فيزعم أنه يستعمل في بعض البلدان لصنع الأجراس والطناجر. وهذا يعني انه مزيج مثل البرونز. أما « الاجسام » فهي مواد معقدة. تقسم بحسب ما تحتويه من «ارواح » .

وكان كل خيميائي يدخل في هذه التقسيمات تعديلات شخصية ربما تأتي من اختلافات التراث .

والشيء المهم، في التصنيف السابق، هو طبيعة المميزات التي بها تتحدد كل مجموعة. ولا يتعلق الامر بسمات محسوسة، كما هو الحال بالحر والبرد، والجفاف والرطوبة. انها صفات عملياتية تجعل من الممكن التطاير والذوبان والتطريق والسحق او التفتت. ولكن هذه العمليات لا تتناول الا الصفات الفيزيائية. وبهذا تتميز الخيمياء : لا شك انه تحدث تغيرات كيميائية، ضمن بؤر التسخين وضمن الامبيكات ، ولكن العلماء لا يكتشفونها بحكم انها كذلك ، إذ لم تكن لديهم نظرية مضبوطة عن تركب الاجسام[1] . وكانوا يكتفون بالمظاهر التي لم تكن لتحدد هوية الجسم. وقد ميزوا ايضاً في الخلط بين مجاورة العناصر بعضها بعضاً والمزج الكلي. والفرق هنا ليس الا فرقاً في الدرجة يؤمن للخليطه نوعاً

(1) نشير مع ذلك الى ان نظرية الشكل الموحد التي قال بها الفلاسفة، كانت على الخط ولكنها كانت مرتبطة بفكرة السبب الشكلي الذي يدخل الميتافيزيا في الفيزياء .

من الاستقرار دون التوصل الى التفاعل الكيميائي الخالص في المركب الجديد. ولهذا ظل تحديد الاوزان النوعية للعديد من الاجسام، في نظرهم، تدبيراً فيزيائياً لم يتوصل الى تميز الانواع الكيميائية . وعندما عاد البيروني والخازني وابو منصور النظائري الى اعمال الاسكندريين فصححوها وجدوا ان للذهب والرصاص والنحاس الخ ثقلا نوعيا متقاربا من الاوزان التي توصل اليها العلم الحديث. وقد حدد البيروني الوزن النوعي لحوالي 15 جسماً . ولكن هذه التدابير او المقاييس لم تخدم العلماء العرب الا لتقدير الكميات التي يجب ان تخلط الاجسام بنسبها. وقد ظلت قائمة المسألة الارخميدية حول عرش هيرون Hiéron . وظلت فكرة علاقة الوزن النوعي بالبنية الكيميائية غريبة على الخيمياء . هذا رغم ان العرب تصوروا نوعاً من التحليل الكيميائي، زعموا انه ينفذ الى بنية الاجسام الداخلية. فقد بحث جابر مثلاً في كيفية قياس كمية « الطبائع » اي الخصائص البدائية التي تدخل في تكوينها. ولكن التصورات الكامنة في أساس هذه القياسات، كانت تفتقر الى الدقة التجريبية الكافية، والارقام الحاصلة ، وان هي نتجت فعلاً عن عمليات وزن محققة ، لم تتوصل الى حالة الواقع الوضعي ، اطلاقاً .

وقد اهتم كروس Kraus بالمظهر الفلسفي والغنوصي في فكر جابر . وبشأن نظرية الميزان كتب يقول : « انه القانون الرياضي الذي يمسك بالكون . وهو أي هذا القانون في اساس كل علم » . وبرأي كروس يكون لهذا المفهوم معنى اسماعيلي خالص (دراسة حول جابر ابن حيان ، مجلة ايزيس مجلد 14-1930) . أما هولميار Holmyard فقد عكف على ابراز القيمة العلمية لعمل جابر : « ان الصفة الخاصة عند جابر هي انه على الرغم من توجهه نحو التصوف والوهم ، فقد عرف وأكّد على اهمية التجريب بشكل اوضح من كل من سبقه من الخيميائيين . . . » (نفس المصدر صفحة 56) .

وهكذا اعتقد جابر بنظرية تشكل المعادن انطلاقاً من الكبريت والزئبق المحبوسين في باطن الارض ، فاجرى التجربة ولاحظ انها تعطى « الحجر الاحمر المعروف لدى رجال العلم باسم السينابر » (أو السولفور الطبيعي للزئبق الذي يستخرج منه هذا المعدن) . امام هذه النتيجة التجريبية، ومن اجل انقاذ العقيدة، استنتج ان الكبريت والزئبق اللذين تتكون منهما المعادن، ليسا من الاجسام التي يعثر عليها في الطبيعة، بل هما من المواد الشريفة التي لا يمكن الحصول على نماذج عادية عنها الا بالتقريب .

وقاد جابرَ فكرُهُ العملي الى الاهتمام بالتطبيقات : صنع الفولاذ ، ترقيق المعادن ، اعداد الدهانات ، وسائل صبغ الاقمشة والجلود .

ومع ايمانه بالتحول والانتقال، ومع قبوله بالنظريات العامة حول المواد شبه المعدنية والمعدنية ، كان الرازي، بين علماء العالم الاسلامي ، الاكثر تحرراً من التأثيرات الدينية ، وبخاصة من الافكار الصوفية والتنجيمية والسحرية. فقد كان صاحب فكر انتقادي لانسان تجريبي حقيقي، وكان يؤمن بالتقدم. وفي كتابه سر الاسرار، بدأ بتصنيف الاجسام كما بدأ جابر. فقسم اشباه المعادن الى حجارة وفيتريول وبوراكس واملاح. ثم درس مفاعيل هذه المواد المختلفة ، والعمليات التي يمكن تنفيذها بواسطتها . واخيراً وصف المعدات المستعملة . وقد اطلق جون روسكا (J.Ruska) حكماً قاسياً على

هذا الكتاب واكد ان اسماء الاجسام والمفاهيم الاساسية لا تنطبق على شيء من الوضوح كما نفهمه في علمنا الحديث. صحيح ان مادة هذا الكتاب هي بالنسبة الينا تضليل خالص . ولكن من المفيد ان نشير الى مدى ما تمتع به الرازي من صفات ايجابية. فقد اقلع عن التصوفية في الاعداد وعن الرمزية محاولاً الاقتراب من ظروف التجربة ، وعنايته في وصف الادوات والعمليات تدل على اهتمام حقيقي بجعل التجارب شائعة مع امكانية تكرارها فعلاً .

ولم ينجح تماماً. وذكر ابن خلكان ان الخليفة بعد ان خاب من وعوده الكاذبة وبعد أن تعب من المهل التي كان يطلبها باستمرار ومن النفقات التي انفقها، ضربه بكتابه على رأسه ، الامر الذي احدث له عمىً رفض ان يعالجه : « لقد رأيت العالم ما يكفي » ، كان هذا قوله . وطبق الرازي معارفه الكيميائية في مجال الطب .

انتقاد الخيمياء : البيروني وابن سينا ـ لم يهتم البيروني بالمسائل الخيميائية الخالصة. ولكنه قاربها وذلك في كتاب « الجماهير في الجواهر » وخصص هذا الكتاب لعملية التعدين . ولكن فكرَهُ المنقاد تعلق بالاوصاف الصحيحة. فلم يحتفظ الا بالوقائع المرتكزة على تجربته الشخصية المراقبة، وقد حطم الخرافات التي كانت تملأ كتب الجواهر.

الى ابن سينا، يعود الفضل، بشكل اصيل، بالنسبة الى تلك الحقبة، في التشكيك باسس الخيمياء التطبيقية. وهو وان لم يرفض بشكل صريح المثال القديم حول تحول الاجسام ، فهو يرى انه ليس بوسائل التلوين والطلاء بالبرونز يستطيع العالم الوصول الى هدفه . لان الطبيعة الخاصة بالمعادن تقوم على بنية اكثر عمقاً واكثر ذاتية مما يظهر من المظهر الحسي للالوان . ونرى ان هذا الانتقاد يتناول تماماً نقطة الضعف في الخيمياء . فهذه الافكار معروضة بوضوح في رسالة صغيرة بعنوان « بحث حول الاكسير » وهي مسنوده الى ابن سينا وقد اثبت ذلك احمد أتص. « انني اتفحص بدقة الاحداث الطبيعية » هكذا يقول ابن سينا . وقد عكف على دراسة كتب الخيميائيين : « فوجدتها خالية من هذا التحليل الذي هو في اساس كل صنعة ، ووجدتها شبيهة ، في معظمها بالثرثرة اكثر من اي شيء آخر» . ثم قرأ الردود : « فوجدتها حجة ضعيفة وتبريراً هزيلاً » . وانبرى هو للعمل مستعملاً بآنٍ واحد العقل والتجربة .

«لو افترضنا انه بامكاننا تلوين الفضة بلون الذهب، او تلوين النحاس بلون الفضة، لاحتجنا الى صبغة حمراء تُحَمر ، والى صبغة بيضاء تبيض . ولكنّا نعرف ان خلط الصباغ بالاجسام الصلبة والحجرية غير ممكن الا اذا طرِّيت هذه الاجسام وقولبت.فضلا عن ذلك ليس بالامكان ظاهرياً تطريتها وقولبتها الا اذا سُيخت. ولكنها عندما تسيخ ، فان كل صبغة حمراء أو بيضاء لا توصلنا الى الهدف. لان الصبغة تحترق في النار وتتلف ولا تحدث مفعولها. او ان هي لم تحترق، فقد لا تثبت بفعل النار بل تتطاير وتذهب. واذاً فالصبغة غير مجديه هنا . او انها لا تحترق ولا تتبخر، ولكنها لا تتسرب ولا تندمج. وهكذا تنعدم فائدتها. . .» وبعد ذكر كل هذه الحالات وغيرها أيضاً ، يستنتج ابن سينا

ماهية الصبغة الجيدة. وقد بحث عنها. واجرى التجارب، وتصور المعدات اللازمة لهذه الغاية. ولكن عبثاً.

وقد لخص ابن خلدون في مقدمته الوضع بوضوح :

« نقول اذاً ان العقائد التي نادى بها الفلاسفة حول هذا الموضوع ، مشتقة من واحدة من نظريتين تكونتا حول طبيعة المعادن السبعة الاكثر شيوعاً . . . هل يوجد بين هذه المعادن فروقات خاصة ذاتية ، بحيث ان كلاً منها يشكل نوعاً على حدة ؟ ام انها تختلف بصفاتها الخاصة بشكل يجعلها اشكالاً من نوع واحد؟ . . . يرى ابن سينا ، وكذلك انصار الفلسفة المشرقية من تلاميذه ان المعادن تتميز بفروقات خاصة ذاتية وكل واحد منها يشكل نوعاً منفصلاً ومستقلاً عن المعادن الاخرى. وهذا النوع ينفرد بخصائص حقيقية. وهذا النوع ككل الانواع الاخرى له ميزته الخاصة ونوعه الخاص الذاتي. وقد قبل ابو نصر الفرابي كمبدأ، ان المعادن تنتمي كلها الى نوع واحد، واستنتج من ذلك امكانية تحويل معدن الى معدن ، لانه من الممكن تغيير عوارضه ثم معالجته بالوسائل (الكيميائية) . ويرى الفارابي ان الخيمياء صنعة حقيقية سهلة التنفيذ . اما ابن سينا فقد اعتمد كنظام ان المعادن تختلف نوعاً فصرح بان وجود الخيمياء كصنعة حقيقية واقعية مستحيلاً . ويقول لانه « لا توجد وسيلة تخضع الفروقات الذاتية الخاصة لعمليات الكيمياء . ان الفروقات خلقها الله. . . ؛ وطبيعتها الحقة خافية علينا فلا نستطيع أن نكون عنها فكرة. فكيف يمكن بعد ذلك ان نبحث في تغير هذه الفروقات عن طريق التحايل؟» .

وعلى العموم يعتبر عمل الخيميائيين العرب، في تاريخ تقدم العلم طريقاً مسدوداً بذاته. ولكن من الناحية التاريخية المتعلقة بالافكار وبالمنهج، من المفيد ان نرى ان العلماء العرب استطاعوا بصورة تدريجية تحرير الكيمياء من علم الاعداد ، ومن السحر. وبهذا المعنى يكون اي انتقاد مثل انتقاد ابن سينا ، شهادة ذات قيمة حول النضج العلمي لدى بعض كبار المفكرين في العالم الاسلامي في القرن 11.

الخيمياء وعلم المادة العضوية ـ لم تقتصر الخيمياء ، بين الاجسام المادية التي عالجتها ، على الاجسام شبه المعدنية. فقد استخدمت ايضاً مواد نباتية او حيوانية وايضاً بعض المنتوجات العضوية ، كعوامل فاعلة او حافزة . ولكن يجب ان لا نرى في هذا الامر اي اساس للكيمياء العضوية. والواقع لم تدرس هذه المواد بذاتها وكذلك المواد شبه المعدنية. ان مجالات الحي والجامد كانت متشابهة ومشتبهة ، بفضل ردها جميعاً الى الصفات الاولية ، ولكنها لم تدرس في علاقتها العلمية. وهذه الملحوظات الاخيرة تتيح لنا ان نميز بايجاز الخيمياء : انها مجموعة مفاهيم عامة جداً وبعيدة جداً عن الوقائع ، اوحت بعدد من الوصفات العملياتية ، واليها ترد شئنا ام أبينا تفسيرات النتائج .

علم التعدين ـ لقد درس العرب جيداً علم التعدين ، ضمن خط النظريات الخيميائية، انما ضمن ملاحظات نوعية مفيدة كما درسوا تحديد الوزن النوعي للاحجار الكريمة . فالاحجار الكريمة التي كانت مصورة في الكتب كانت تلحق بالمعادن، لانها تتمتع بنفس المبادىء: الاشعاعات. ولكن عند

تحديد هذه المبادىء جرت تعديلات عليها بفعل عوامل فيزيائية (الحرارة والجفاف الخ)، والتفاعلية لم تنته الى نهايتها الطبيعية اي الى تكوين معدن . ولهذا صنفت الاحجار الكريمة سنداً لما لها من علاقة بالمعادن. من ذلك ان الياقوت مثلاً يرتبط بالذهب. وكانت هذه الفكرة علمية من الناحية المادية. ولكن للاسف كان الربط بالمعادن في اغلب الاحيان مرتكزاً على المقارنات ذات الطابع الصوفي او السحري، مثل تلك العلاقة القائمة بين الاحجار والكواكب والاجسام النباتية او الحيوانية . واختلط الواقع بالخرافي .

« وعلى العموم كان هناك رغبة في العثور ، في الاحجار كما في كل الاجسام الطبيعية ، على بعض القوى المجهولة المنشأ او الغامضة المنشأ: وكانت تسمى خواص ، اي سمات محببة كما نقول اليوم، عندما يتعلق الامر ، كما هو الحال في مجال الادوية ، بقوانين عامة طبيعية اوسحرية ، وعندما نفكر بتأثير مجال روحي ذي علاقة خاصة بعلم التنجيم ». (م . ستنشنيدر M.Steinschneider (Z.D.M.G, 1895 .

من جهة هناك زعم باكتشاف صور في الاحجار تفسر من اجل استخلاص قوتها فتستعمل كاحراز او طلسمات. ومن جهة اخرى ساد الاعتقاد باكتشاف خصائصها الشفائية ، فادخلت ضمن المواد الطبية اسوة بالنباتات والحيوانات.

في مقالة لكليمان مولت Clément – Mullet بعنوان « دراسة حول التعدين العربي » (المجلة الآسيوية ، المجلد11، 1868)، درس كتاب للطافاشي(Tayfashi) (القرن 13) حيث صنفت الاحجار الكريمة ووصفت فقال :

« لا يخلو التصنيف من قيمة : فمختلف انواع الياقوت مثل (الزمرد والزفيز والتوباز والاميتيست الخ) تشكل قسماً ما يزال مقبولاً اليوم من قبل علماء التعدين. . . والزمرد والبيريل جمعا معاً . . . وجمع الجاد والمالاشيت مع البيريل خطأ يسهل فهمه، لانهم لم يأخذوا كمعيار الا اللون والعلامات الخارجية » .

ولكن المكان الجغرافي الذي كانت فيه المناجم ، لم يستخدم فقط لتمييز ولتسمية اصناف مختلفة النوع ، بل ايضاً من اجل تشكيل نوع وذلك بجمع الاصناف ، بفضل الفكرة الغامضة والمعتبرة ، والقائلة بان هذه الاصناف تفسر جيولوجياً بنفس التكوين الصخري .

وفي الاوصاف كان هناك اهمية للاشارة الى اللون بدقة كما كان يعبر عنه بالمقارنة مع لون بعض المواد المعروفة جداً وبخاصة الازهار والاثمار : ورد ، رمان ، منتور ، جيروفلي (Giroflée) قُرطم - عُصفر (carthame)، قش ، زيتون ناضج ، كحل ، نيلة (انديغو) ، الخ . وكان يؤخذ في الاعتبار النقاوة والرونق (ماء) . والحجر قد يخبو : كما هو الحال بالمعدن ، واذاً فهو مريض وهو يتهاوى . وكان هناك صفات اخرى ملحوظة : احجار قاسية او طرية ، احجار قادرة على قطع وجرح الاحجار الاخرى . وكان الوزن يذكر احياناً :

« ومن صفات الياقوت وزنه. وهو اثقل الاحجار نسبة لحجمه » .

وقد وصف قطبا الجذب في حجر المغناطيس وكذلك ما يتميز به هذا الحجر من خاصية الدل على الشمال. اما الصفات البصرية في البلور فقد وردت ضمن هذه الملاحظة : « اذا تلقى البلور اشعة الشمس ثم قربت منه ورقة سوداء او قطعة قطن اضرم النار فيها » .

علم البوتانيك او النبات وعلم الحيوان او الزيولوجيا ـ ان دراسة المملكة النباتية والحيوانية، رغم مثل ارسطو لم تتكون عند العرب كعلمين مستقلين. فالكتب التي تعالج هذه القضايا ليست الا مجموعات « اعاجيب » من الطبيعة تختلط فيها الخرافات بالاوهام بالواقع. من ذلك مثلاً كتاب الحيوان للجاحظ. او هي اقاصيص مسافرين او كوسموغرافيين (علماء وصف الكون) ، لا يكتفون فقط بوصف ما شاهدوه . او هي ايضاً اعمال هدفها الرئيسي اللغة : مجموعات من الاسماء ، مقترنة احياناً بأوصاف مدهشة. ومهما كان الدور الذي لعبته هذه الكتب في تاريخ العلم العربي، فهي لا تمثل اعمال علماء نبات .

نقف قليلاً عند كتاب الحيوان للجاحظ (القرن التاسع) . يقول المؤلف بنفسه انه يأخذ الاسماء هنا بمعانيها الدارجة . فلا يعطيها اي تحديد علمي. ولكنه لا يخفي الصعوبات التي تنتج عن ذلك ونرى هذا الامر بشكل خاص، في التصنيف الذي يضعه للحيوانات. فهناك الحيوانات التي تمشي، والحيوانات التي تطير، والتي تسبح والتي تزحف ، ومن بين المشاة هناك الانسان والمواشي والاسود والحشرات ويقصد بالحشرات كل الزواحف. وكذلك كلمة « هوام »(Hawamm) .

أما مجموعة الطيور فتقسم الى طيور جارحة وطيور غير جارحة ثم « الهمج » اي الحشرات الطائرة كالذباب .

اما الجوارح فلها منقار قوي ومخالب . الا ان الديك الذي ليس منها ، فله اصابع خلفية . والطيور الجوارح هي طيور قانصة وتأكل اللحم . ولكن هناك طيور لها طبيعة مزدوجة مثل الدوري. فهي غير مزودة بمخالب وتنقر الحب، ولكنها تطارد الجراد والنمل المجنح التي تجدها في طيرانها : كما انها لا تزقم صغارها كما تفعل الحمائم ، بل على طريقة الجوارح .

وكل ما يطير بجناحين ليس طيراً بالضرورة ، مثلاً الجيز والذبابة والدبور والجرادة والنملة والفراشة والعث والبعوضة والنحلة . اما بقية الحشرات المجنحة (الهمج) فهي من الحيوانات التي تطير مثل الحشرات بالنسبة الى الحيوانات التي تمشي. فالجراده لا تسمى عصفوراً . ولكن الدجاجة تسمى طيراً ، رغم ان الجرادة أطير من الدجاجة . ثم يضيف نكته : والملائكة تطير وجعفر ابن ابي طالب له جناحان يطير بهما في الجنة. ورغم ذلك فهؤلاء ليسوا من الطيور .

والباقي من التصنيف فيه مثل هذا الاضطراب. وليست هي الملاحظات التي تنقص بل الشيء الذي ينقص هو المنهجية .فالجاحظ يغير في كل حين طبيعة الخصائص التصنيفية التي يستعملها .

فتارة يستعمل الشكل والضخامة ونوع الغذاء والوسط ، الخ . هذه الخصائص المختلفة، لم يعرف كيف يصنفها او يربطها الواحدة مع الاخرى حيث كان ذلك ممكناً . ولم تنقصه فكرة مثل هذا العمل . فقد صرح بشأن الحيوانات الطائرة ، انه اجرى التمييز سنداً للصورة او الطبيعة ، او العضو مثل الجناح . ولكنها ملاحظة ذكية ، وعارضة لان هدف الجاحظ هو امر آخر غير هدف العالم الطبيعي ، انه اقرب الى عمل اللغوي مثل الاصمعي .

أما بالتفصيل فالجاحظ عالة على ارسطو، وعلى كل التراث العربي الوارد في اقوال العرب وطرائفهم واشعارهم . في هذه الكتلة التجميعية، توجد مواد مفيدة من الوقائع والملاحظات من كل نوع . كتب اسين بلاسيوس (Asin Palacios) : « اذا كان الكتاب غير علمي في تصميمه وفي منهجه ، فهو كذلك بالدرجة العالية من مادته » . (كتاب الجاحظ : الحيوان، مجلة ايزيس المجلد 14 – 1930).

وهذا نموذج منه : يعالج الجاحظ الحيوانات التي تتداوى بالغريزة (وهذا بحسب رأي ابن ابي اصيبعه مَثَلٌ بالنسبة الى الرجال ومنشأ عدة وصفات طبية) ؛ ويعالج موضوع الحيوانات التي ترى في الليل، كما يعالج التقليد، والخلق المفاجيء؛ والجنسانية والتوالد لدى الحيوانات والانسان ؛ والاخصاء ومفاعيله ؛ والخنثة، وتلاقي الاصناف الحيوانية والتدجين (ويورد افكاراً خيالية احياناً : من ذلك ان الزرافة هي نتيجة توالد الجمل والنمرة) كما يعالج الاصتفاء المصطنع الذي يقوم به مربو المواشي (اختيار)؛ ثم تحول بعض الاصناف الى اخرى. ونجد في هذا الكتاب ايضاً كمية من الحكايات حول أداب الحيوان .

وقد اعتمده الكتَّابُ اللاحقون الذين تكلموا في هذا الموضوع ، مثل المسعودي (القرن 10) والقزويني صاحب كتاب حول الكوسموغرافيا الذي يحمل في اللغة العربية عنوان « عجائب المخلوقات » والذي كان يعيش في القرن 13 ، والدامري صاحب كتاب « حياة الحيوانات » (القرن 14)، ثم المستوفي للقزويني، وهو مؤلف فارسي من القرن 14، وكلهم ذكروا الجاحظ واستقوا من كتابه ومن نفس مصادره .

والواقع ان العلوم الطبيعية بالمعنى الخاص للكلمة ليست عند العرب الا علوماً تابعة للزراعة وللطب أي للفنون العملية . وهذا الظرف وسم العلم العربي بطابع النفعية ، ويؤكد ما سبق وأشرنا اليه .

كتب الزراعة - ان مصادر كتب الزراعة هي في أساسها يونانية : انه كتاب جيوبونيكا الذي لعب دوراً كبيراً في تاريخ علم الطبيعة . وقد قرر ج . روسكا (J.Ruska) ان كتاب كاسيا نوس باسوس (Cassianus Bassus) قد ترجم الى العربية وقد أثر في العالم الاسلامي تأثيراً بالغاً في كل كتب الزراعة. ولكن يجب الاشارة الجانبية « الى احدى الاكاذيب الاشهر التي عرفتها القرون الوسطى »، (ب . كروس (P.Kraus) ، « الزراعة النبطية » وهو كتاب حاول مارتن بليسنر (Martin Plessner) أن يحدد مؤلفه، ابن الوحشية. هذا الكتاب يرد ذكره كثيراً في الكتب اللاحقة. وفيما

يلي لمحة عنه بحسب رأي بليسنر . بعد مقطع حول الزيتونة يخصص ابن وحشية عدة فصول للينابيع وللآبار ولنوعيات المياه وتحسينها. ثم تأتي الفصول حول النباتات والاشجار والظروف الجوية وتغيرها وحول طبيعة الاراضي المختلفة وتعديلها ، وحول تقنية البذور ، وحول الحبوب والزراعات الغذائية . ويذكر المؤلف ويدرس عدداً كبيراً من النباتات ؛ وبالنسبة الى الكثير منها يذكر أنواعها وأصنافها المختلفة . وخطة هذا الكتاب مفككه ولكن فيه الكثير من الغنى والتنويع في المادة . وهذه الصفة الاخيرة موجودة في المؤلفات المتأخرة عند ابن الحجاج وابن العوام[1].

نذكر ايضاً اننا نعثر على استخدام للمعارف الزراعية في بعض كتب الحقوق .

من ذلك ان ابن حزم في قرطبه (القرن 10، في كتاب المحلى ، وبمناسبة الزكاة على المنتوجات الزراعية ، التي تتناول اصلاً القمح والشعير والتمر والزبيب، يطرح اسئلة حول كل انواع القمح ومختلف أصناف الحبوب والنباتات ذات البذر الذي يؤكل مثل القرنيات الخ . وبمناسبة الحين من السنة حيث يجب دفع الزكاة يقدم ابن حزم معلومات حول الزراعة وحول المواسم في اسبانيا . وبمناسبة البيع القائم للاثمار وللحبوب او بيع الاراضي التي فيها بساتين النخيل، بحسب سن الشجرة وحجمها وبحسب اخصابها أو عدم اخصابها من قبل البائع ، وهو يعتمد على التمييز وعلى الملاحظات التي قام بها علماء اللغة .

الكتب حول مفردات الاعشاب ـ مع هذه الكتب ننتقل الى علم الصيدلة ومنه الى الطب . لقد سبق واشرنا الى الدور الذي لعبه كتاب ديوسكوريد (Dioscoride) (المادة الطبية) . وأشهر هذه الكتب هي كتب البيروني وابن ميمون وابن البيطار . وقد جمع هذا الاخير كل ما قيل حول الادوية بدون ان يظهر فكراً انتقادياً . وتزداد فائدته عندما يُسَرب ملاحظاته الشخصية بين الملاحظات الاخرى، وينظم البيروني ويصحح ويستكمل ما يذكره ، عن طريق تجاربه الشخصية وافكاره الخاصة. والملاحظة الاكثر دقة هي عنده وعند ابن ميمون. من ذلك ان البيروني لاحظ ان الازهار تتميز بعدد قُطَعِها .

« كل الاعداد يمكن ان تنوجد في السمات التي تركتها الحياة والطبيعة خاصة في الازهار. لان وريقات كل زهرة وسويقاتها وعريقاتها ، تتميز بعدد في كل صنف منها على حدة. . . ومن خصوصيات الازهار هناك حدث مدهش، هو ان عدد التويجات ، التي لها اساس دائري ، عندما نفصلها ، فانها تتبع قواعد الجيومتريا ، عموماً ، وتتوافق في معظم الحالات مع الاوتار في الدائرة ، هذه الاوتار التي تنوجد عملاً بالجيومتريا الاولية دون ان تلجأ الى القطع المخروطي . وقلما توجد زهرة بين مجموعات ذات تويجات عددها 7 أو 9، وذلك لاستحالة وضعها في دائرة ، بواسطة المبادىء الجيومترية البسيطة بشكل يكون اضلاعاً متساوية ، ولكن هناك ترتيبات ذات 3 أو 4أو 5 أو 6 أو 8 أو10 تويجات. ومن

(1)حول ابن الحجاج، يمكن مراجعة مقالات ج.م. ميلاس فاليكروزا (J.M.Millas Vallicrosa)في « الاندلس » بشكل خاص : مجلد 1955,20.

الممكن ان نعثر على صنف له 7 أو 9 تويجات، أو أن مثل هذا العدد موجود في تشكيلات مسخية في بعض الاصناف. واذا صح ان الطبيعة تحتفظ بالانواع والاصناف، عندها، وفي حال القيام بعَدِّ حبوب الرمانة، نعثر على رمانة اخرى من نفس الشجرة تحتوي على نفس العدد من الحبات» (كرونولوجيا، طبعة ي. ساشو، (1878,E.Sachau صفحة 298).

يدل هذا المقطع ان البيروني خطرت له فكرة مسقط الزهرة (او رسم تخطيطي لها)، كما خطرت له بساطة تشكيلها الهندسي والعلاقة بين العدد والترتيب في الاجزاء الزهرية، والنوع أو الصنف الذي تدخل فيه الزهرة من جهة اخرى.

علم السموم وكتب الادوية السامة ـ على عتبة الطب تقع الكتب حول السموم، وهي عديدة عند العرب. فقد كتب ابن وحشية وجابر وابن ميمون في هذا الموضوع، وكل الاطباء خصصوا فصلاً في موسوعاتهم الطبية. وكان تأثير فارس والهند بارزاً هنا. «وكان كتاب شاناك» مصدراً هاماً بهذا الشأن. فقد قدمه مؤلفه على انه ترجمة كتاب هندي. وكلمة شاناك هي الكلمة المُعَرَبَة لكلمة كاناكيا (canakya) (حوالي سنة 320قبل المسيح). واكتشف بتيناستروس (Bettina Strauss)ان هـذا الكتاب يرتكز جزئياً على افكار شائعة في الطب الهندي (راجع موسوعة كاراكاوسوسروتا Caraka Suçruta) وبصورة خاصة في تحديد العلامات التي بها تمكن معرفة المواد السامة، ثم تميز السموم المتحركة المستمدة من المواد الحيوانية، والسموم «غير المتحركة»، المستمدة من المواد شبه المعدنية والنباتية. وبالمقابل، كل ما يتعلق بالسموم والعلامات ومعالجة السموم يرد الى مصادر يونانية.

ويدل هذا المثل ان العرب فهموا منذ البداية ان الطريقة العقلية التي طبقت في اليونان على المسائل الطبيعية لها قيمة ليست موجودة في مكان آخر، ويمكن ان نستفيد منها في تطبيقات عملية نافعة جداً.

ولكن هـذه الكتب ليست كتباً واقعـة بين الكيميـاء والطب فقط؛ ان نـظرية السمـوم تتيـح تحـديـد مكـان الفن الطبي ضمن مجمـل علوم الطبيعـة. وترتكـز هذه العلوم جميعهـا، كما قلنـا على نـظريـة الخصائص الاولية وهذه الخصائص تجتمع بشكل أولي لتشكل العناصر الاربعة. ثم ان التعقيد يزداد فتدخل الرطوبات: الصفراء والدم والسوداء والبلغم. وبعدها تأتي الاطعمة والادوية والسموم. وعلى الطبيب، مثل الخيميـائي، ان يطبق بصـورة اساسيـة العلاج الـذي ينقل الى الجسم، من اجـل شفائـه، الحـرارة والبرودة والجفـاف او الرطـوبة التي اذا زادت سببت المرض. الا ان تدخـل الـطبيب دقيق للغـاية، لانـه يفتـرض ليس فقط التشخيص الصحيـح، والمعـالجـة العـامـة التي تتـلائم مـع هـذا التشخيص، بل ايضاً وبشكل خاص معرفة المريض ومزاجه ونمط حياتـه وامراضـه السابقـة وامراض والديه عند اللزوم. وكل الاطباء العرب قد ركزوا على هذه النقط. ولكن هذا ليس كل شيء: فقد لاحظوا التأثير المتبادل بين النفساني والفيزيائي ولذا استعملوا الاستطباب النفسي. وكان الرازي وابن سينا اشهر ممثلين لهذا الاتجاه. وفضلاً عن ذلك حملتهم افكارهم حول العلاقة بين العالم الاكبر والعالم الاصغر على مـراعاة الفصـول والمناخـات وتأثـير النجوم، في التشخيص وفي العـلاج. واخيراً ان تشبيههم

الطعام بالعلاج جعلهم يركزون على الحمية. تلك هي الملامح الرئيسية للطب العربي .

جنة الحكمة للطبري - يمثل كتاب « جنة الحكمة » لعلي الربان الطبري، والذي يعود الى النصف الاول من القرن التاسع، النموذج الموسوعي لمجمل الافكار الاساسية السائدة في الطب العربي.

ويركز المؤلف على ضرورة علم يشمل كل شيء . فهو ينطلق من دراسة حول المادة والشكل والاحوال. ويعلن ان المادة الاولى هي اساس الكمية ، والمادة الثانية هي اساس النوعية التي تحملها دائماً المادة . والشكل هو عارض في كيان المادة والمادة هي جوهر. « وتغيرات الشكل تتم في المادة فتكون الاحوال المتتالية ، ولكن الاسماء لا تنطبق الا على الاشكال لا على المادة » ونجد هنا مثلاً اخر حول التعديلات العميقة في مفاهيم ارسطو . والفكرة التي تبرز من هذه التعاريف ، هو انه من اجل تعديل الشكل يكفي التأثير في المادة ، وتنويع كميتها وصفاتها . والاحداث الميتيورولوجية والمناخية تدخل في الحساب . كتب الطبري يقول : « تتحول كل صفة بسبب اتساعها وتواترها اوندرتها . وما هو اكثر اتساعاً واكثر قوة هو اكثر بطئاً في التحول، مما هو قليل العدد وضعيف » .

ويتوجب اذاً ، في حالة المعالجة النظر في حالة الجسم ، او بالاحرى في حالة كل عضو من الجسم المريض ، ثم في طبيعة رطوباته وامتزاجها. ولا يتكلم الطبري عن مزاج الانسان عموماً بل عن مزاج الدماغ والقلب والكبد .

«ان علامات الحرارة في القلب هي ، من بين العلامات : الرشاقة ، والبريق والسرعة ، والصدر العريض ، ثم نظام شعري غزير ، واتساع النبض . مما يدل على الحرارة وعلى رطوبة القلب ، انها مرونة الجسد، ووجود شعر غير غزير على الصدر ثم كثرة الضحك والمرح . والشيء الذي يدل على البرودة وعلى جفاف القلب، هو الصدر الضيق القليل الشعر ، وقلة الغضب وكثرة الحقد وصلابة النبض . اما ما يدل على البرد ورطوبة القلب ، فالكسل والنذالة وقلة الغضب وموات النبض » .

ولكل عضو حال من الاعتدال . ولكن فكرة التوازن مثالية . والواقع ان الانسان ، حتى في حال الصحة لا يصل الى حالة التوازن الكامل. ويوجد في الصحة قسم اساسي من الاعتياد على حال من الاحوال وصحة الانسان ليست الصحة عند آخر. وكذلك الحال بالنسبة الى الامراض .

الحكمة الطبية عند ابن ماسوية (الادبيات) - تضمن كتاب جنة الحكمة ثروات اخرى . ونقف عند هذه الافكار الرئيسية إذ عليها يرتكز تعريف الطبيب الصالح . وقد أحس العرب اعمق الاحساس وأوسعه بالواجبات الادبية الطبية ، فشخصية المريض هي الاساس في نظرهم . وهي أهم من أي شيء آخر . وعلى الصعيد المهني ، على الطبيب ان لا يستعجل . وعليه ان لا يتكلم كثيراً بل ان يستمع الى مريضه فيوجه اجوبته بأسئلة ذكية . انه لا يستعمل علماً نظرياً وعنيفاً ، بل يلين امام مطالب المزج الذي يعالجه . وهذه الافكار ترتدي قيمة نظرية وعملية بآنٍ واحد ، في كتاب « الادبيات الطبية » لابن ماسويه . وهذه بعض الامثلة :

« يقوم تكوين الاجسام الحية على العديد من البنيات التأسيسية. وعلى الطبيب ان لا يتدخل بعنف باستعمال الادوية القوية جداً ، التي تحدث تغيراً في الجهاز وتهاجم الجسد وترخيه وتزعزعه بحيث يتهاوى تماسكه » (الادبيات صفحة 26) ويجب ان يكون الدواء ما امكن قريباً من الغذاء. « يتوجب علينا ، كلما امكننا ذلك ان لا نعتني بعضو الا بواسطة علاج قريب من الشيء الذي يتغذى به هذا العضو ، واذا كان هذا العلاج غذائياً ، فهو الافضل » (الادبيات 35). « وعلى المرضى الذين انهارت اعضائهم الاساسية ، ان يمتنعوا عن الادوية الحارة. وعليك ان تحميهم حتى تصل بهم الى التوازن» (الادبيات 61) « يتوجب على الطبيب عند المعالجة ان يتشبه بفعل الطبيعة ». (الادبيات 64). واخيراً فيما يلي الحكمة الاكثر عمقاً : « يتوجب على الاطباء عندما يعالجون المرضى ان يسعوا حتى تعود اجسام هؤلاء الى الحالة التي كانت عليها سابقاً عندما كانوا اصحاء ، وليس التفتيش عن التوازن في كلية المادة » (الادبيات 68) .

وهكذا تكون العلاجات الافضل هي العلاجات التي تتكل على الطعام وعلى الحمية . ويجب استعمال الدواء بمقدار ، مع العناية بالعلاقة بين درجته وقوة المزاج في الجسم او في العضو .

وفي بعض الحالات، يمكن اللجوء الى السم بكميات صغيرة. وعلى صعيد الاستطباب، كان الطب العربي ينطلق من افكار سليمة ، ما تزال صالحة في ايامنا ، وان استندت الى عقيدة غير كافية فيما يتعلق بالرطوبات والصفات الاولية .

كتاب الادوية للبيروني ـ انبثقت آراء العرب حول النظام وحول المعالجة من سلسلة من المواد الممصوصة وقد ذكرها البيروني بشكل واضح في مدخل كتابه « كتاب الادوية » .

« كل ما يمتصه الانسان ارادياً او بدون وعي ، ينقسم في باديء الامر الى غذاء والى سموم . وبين الاثنين يوجد العلاج. وتُلْقِي الاطعمة ما فيها من صفات القوى الناشطة او السلبية ، في الدرجة الاولى من درجاتها الاربعة ، بحيث ان الجسم ، في حالة التوازن ، يملك القوة على تحويلها الى مادته الخاصة ، بفعل الهضم الكامل وبفعل تمثل يُحِلُّ محل ما خسره بالافراز او عدم التمثل ، المواد الغذائية ، ولهذا يؤثر الجسم على الاطعمة ثم يتأثر بها مستفيداً منها . اما السموم فتتلقى خصائصها من هذه القوى المرفوعة الى درجتها القصوى ، اي الدرجة الرابعة ، بحيث انها تفرض نفسها ، وانها تتحكم بالجسد فتفرض عليه التحولات المرضية والمميتة. . . أما الادوية فتقع في مكان وسط ، لانها مخربة اذا قورنت بالاطعمة وهي شافية بالنسبة الى السموم ، ومفعولها « الصحي » الاشفائي لا يظهر الا من خلال الاستعمال الذي يفرضه الطبيب البارع الحريص. ولهذا يوجد بين الادوية وبين الاطعمة ما يسمى بالغذاء الدوائي ، وبين الاطعمة والسموم ما يسمى بالدواء السام. . . » .

التشخيص : المعارف التشريحية والفيزيولوجية ـ تلك هي اذاً أسس التطبيب الطبي . ولكن قبل العناية بالمربض يجب تشخيص المرض . والتشخيص عند العرب لا يرتكز على معارف تشريحية وفيزيولوجية دقيقة . وما كانوا يعرفونه عن التنظيم في الجسد البشري وعن عمله جاءهم من

اليونانيين . ولاسباب دينية لم يمارس العرب التشريح . لا شك أن بعض الاطباء الذين لم يكونوا متمسكين بالاصول الاسلامية تمسكاً دقيقاً قد شرحوا بعض الجثث في السر . وكانوا يمارسون الجراحة الصغرى بمهارة . فعملية « اللقطة » في العين (cataracte) كانت كثيرة الوقوع . وكانوا يعرفون تقنية انتيلوس (Antyllus) الاسكندري التي وصفها الرازي في كتابه الحاوي Continens ولم يكونوا يخفضون اللقطة فقط (تكثف في عدسة العين) بل كانوا يستأصلونها . وصف ابن ماسويه في كتابه « امراض العين » معالجة البانوس : بواسطة لاقطة تمسك الاوعية الدموية التي تعلو البؤبؤ ثم تقطع هذه الاوعية دائرياً ويتكلم المؤلف ايضاً عن جرح جلد الاجفان المقرون بالتقيح . ولكن يجب ان نلاحظ أن الكثير من الاطباء وبصورة خاصة ابن سينا ، لم يعيروا اهمية كبيرة ، اجمالاً في امراض العين للمعالجة الجراحية وان الجراحة كانت على العموم محتقرة. وقد ترك امرها للحلاقين وللمشعوذين . واول طبيب كبير اعتنى بالجراحة هو ابو القاسم او ابو الكسيم عند اللاتين المولود في ضواحي قرطبة سنة 926. وخصص قسماً من كتاب التصريف للعملية الجراحية ، وعلم كي الجروح ، واستعمال المواد القاطعة للنزف ، ربط الشرايين ، وعمليات العظم والعين الخ واوصى بدراسة التشريح والتقطيع . ولكن رغم فائدة هذه الافكار ، من الناحية التقنية المتعلقة بالجراحة فان الفائدة او المكسب الذي يمكن استخلاصه منها من اجل معرفة الاعضاء هو شبه معدوم ، لانه لا يبحث في الجراحة العميقة .

نوعية التشخيص ـ ثم ان التشخيص يؤخذ من اعتبارات عامة حول الرطوبات، ومراقبة زيادتها او نقصها ، وحول الصفات الاولية المكتشفة في الحميات (سخونة) وكذلك البردية ، ثم الاصفرار والاحمرار والنحافة او النحول، والضخامة الدهنية . وكانت الاهمية الكبيرة تعطى للنبض وللبول . وكان تعين المرض سارياً وفقاً لاسلوب ايبوقراط . فقد كان هذا التعين وسيلة افتراضية تجريبية : والتنبؤ بتطور المرض كان وسيلة لتحديده ومعرفته . وقد كان يحدث استباقه من اجل العناية به وشفائه .وقد كان يحدث أيضاً ان يموت المريض ، وهذا ما كان يبدو من خلال العديد من الملاحظات العيادية التي ذكرها الاطباء العرب . ولم يحاولوا اخفاء ذلك ولكن ما كانوا يفعلونه هو عمل محض علمي . إذ المهم عندهم معرفة ما اذا كانت فرضيتهم صحيحة وكاملة . وقد اتفق المؤرخون على الاعتراف بأن القيمة الاصيلة للطب العربي تكمن في تدوين هذه الحالات العيادية بشكل دقيق . وقد نشر م. مايرهوف (M.Meyerhof) 33 حالة من الملاحظات من هذا النوع منسوبة الى الرازي . والدراسة المفصلة، التي تستوجب الدقة الكبيرة، تكشف حتماً وجود فرق بين الطب العام الموروث عن اليونان ، والمعروض في الكتب الكبرى ، والطب العملي الذي هو ثمرة التجربة والتفكير الشخصي ، والذي يبرز من خلال الملاحظات العيادية ، ثم يتسرب ايضاً وفي بعض الاحيان الى المؤلفات ذات الصفة الكتبية الخالصة .

ومن بين هذه الكتب الكبرى يجب ان نذكر بشكل خاص « كتاب كنوز العلم الطبي » لابي الحسن ثابت ابن قره بن مروان الحراني، وكذلك كتاب الحاوي وكتاب المنصوري للرازي والكتاب الملكي « ليبررجيوس» (Liber Regius) لعلي ابن عباس المجوسي، واخيراً كتاب القانون الشهير لابن سينا .

طب العيون ـ انه مجال كسب فيه العلماء العرب تجربة رائعة ، وذلك في مجال امراض العين ، وهي امراض كانت شائعة في مصر وفي كل الشرق . ومعالجة التراخوما والبانوس كانت موضوع كتابات عديدة : مثل كتابات ابن ماسويه الذي سبق ذكره وحنين ابن اسحاق وثابت ابن قره والرازي ، ومثل كتاب المنصوري لعلي ابن عباس ثم ابن سينا وابو القاسم ، الخ . وامتدح مايرهوف(Meyerhof) كثيراً « مذكرة اطباء العيون » لعلي بن عيسي » (القرن 10 و11) .

الدورة الدموية الصغرى ـ ينطلق اكتشاف الدورة الدموية الصغرى من قبل ابن النفيس (1208 – 1289) من تصور قديم وخاطىء : وهذا التصور مفاده ان الدم « يُنقى » ضمن تجويف في القلب ، من اجل تكوين الروح الحيوانية . وسنداً لغاليان وابن سينا كان الدم ينتقل من البطين الايمن الى البطين الايسر بعد المرور بصمام القلب . ولكن ابن النفيس لاحظ ان هذا الصمام كثيف ومحروم من المسام الشفافة . ولحل هذ المشكلة مَرَرَ الدم عبر الوريد الشرياني الى الرئتين حيث يختلط بالهواء ، لكي يعود فيما بعد عبر الشريان الوريدي الى القسم الايسر من القلب حيث تتكون الروح الحية من خلال هذا الدم المنقى في قسمه الاكثر رهافة . وهكذا تمنع صفاقة الشرايين (Saeptumcordis) الدم من الاختلاط بالروح الحيوانية . ولكن حل المشكلة المطروحة من قبل نظام غاليان لم يعثر عليه ببناء فكري خالص . لقد استلهم هذا الحل بواسطة ملاحظات دقيقة . واذا كان ابن النفيس قد اضطر الى التصريح بأنه لم يمارس التشريح الجراحي ، فان كتاباته لا تسمح بالشك في انه قد قام بتجارب مباشرة . ثم انه من الناحية التشريحية قد قام باكتشاف لا ينازعه فيه احد . وباسم هذه الملاحظات دحض اقوال سابقيه الاكثر شهرة . ووصفه للاوعية الدموية ، وخاصة تلك التي تذهب الى الرئة يجب ان يدون . ومعارفه التشريحية هي التي قادته الى ان يخالف ابن سينا ، فيؤكد ان غذاء القلب يتأمن بفضل اوعيته الخاصة الغارقة في مادته : وعندها قدم وصفاً للاوعية التاجية . وعلى اثر هذا الايضاح التشريحي ، تكون الصيغة التي تعبر ، من الناحية الفيزيولوجية ، ادق التعبير عن اكتشاف الدورة الصغرى ، موجودةً مرة اخرى في مناقضة ابن سينا . ففي مواجهة « المعلم » بين ابن النفيس ان غذاء الرئة لا يتم من خلال الشريان الوريدي الصادر عن التجويف الايسر : « ان هذا التجويف يحتوي على دم يأتيه من الرئتين وليس العكس . ومرور الدم من القلب الى الرئتين يتم بواسطة الوريد الشرياني (« . . . اذا الدم لاذ في هذا التجويف ، انما أتى اليه من الرئة ، . . . . وأما نفوذ الدم من القلب الى الرئة فهو من الوريد الشرياني ») . لا شك ان التفسير يبقى غير كامل بسبب الافكار غير الصحيحة التي هي في اساسه . ومهما يكن من امر ، يبقى هذا التفسير مكسباً ايجابياً ، من حيث التقدم العلمي . وعمل ابن النفيس ترجم الى اللاتينية في مطلع القرن 16 من قبل اندريا الباغو (Andrea Alpago) . ونص هذه الترجمة نشر في البندقية سنة 1547 . ويبدو ان ميشال سرفت (Michel Servet) قد اطلع عليه عندما عرض من جديد فرضية الدورة الرئوية (كريستيانسمي رستيتوسيو (ReStitutio Christianismi) فينا (Vienne)الدوفينية 1553, Dauphiné) .

العلوم الانسانية ـ ان دراسة الحقائق الانسانية لم تكن بعيدة عن الفكر العربي ومع ذلك من الصعب اعتبار هذه الدراسة فصلاً من تاريخ العلوم . فالسيكولوجيا (او علم النفس) ترتبط بصورة

اساسية بالفلسفة . وذلك بمقدار ما تحاول تحديد الطبيعة الميتافيزيكية للنفس، اما في علاقتها بالرؤية الكوسمولوجية للنفس الكلية، واما في علاقتها بقضايا الحياة النباتية وحياة الكائنات الحساسة والمزودة بحركة ارادية او بالحياة المدركة . والنظريات حول هذه الامور المختلفة مسكوبة كلها ضمن اشكال عامة موروثة عن الفكر القديم، والفروقات او المستجدات تقوم على افكار ليس لها قيمة الا ضمن اشكالية فلسفية .

الا ان بعض هذه النظريات يمكن ان توصف بانها سابقة على العلم، بمعنى انها قد تتطور وفقاً لنهج علمي، مع بقائها عند مستوى الاستلهام البسيط . من ذلك ان فخر الدين الرازي لا يرى العلاقة بين النفس والجسد كعلاقة المحرك المدير بالمتحرك ، ولا كعلاقة الشكل بالمادة . وهو، دون ان يرفض تماماً مثل هذا المظهر في هذه النظريات القديمة ، فهو يختار، للتعبير عن هذه العلاقة ، صورة الرابط الذي يربط العاشق بالمعشوق. والنفس وجدت لتعيش مع جسدها بل من اجل ان تتحد اتحاداً يجب ان يتحقق وفقاً لوحدة طبيعية معينة . واي معتقد من هذا النوع يوضح حيوية الحياة النفسانية ويستبق مفهوم العزيمة في الوعي. ان فكرة الاستعداد في النفس لهذا الحال او هذه الاحوال، وان كان ذا نشأة ميتافيزيكة فهو يعبر تماماً عن المفهوم الديناميكي، وهو وارد كثيراً باشكال وصيغ متنوعة .

والمظاهر الاخرى للحياة النفسانية تعالج من زوايا اخرى. فالطب القديم القائم على الرطوبات، والذي استمر طويلاً معمولاً به حتى في الغرب يقدم نظرية الطبائع او الامزجة . وهذا الطب ليس له عند العرب اصالة خاصة . في هذا الاطار من البحث حول السيكولوجية المحددة ، يجب ان نذكر علم الفراسة الذي نادى به فخر الدين الرازي (راجع دراسة يوسف مراد ، اطروحة ، باريس1936) .

أما دراسة الصفات والمشاعر والاهواء فقد فتحت المجال امام افكار لطيفة وامام تحليلات دقيقة في كتب يجب ان تصنف ضمن كتب الاخلاق . وقد تميز ثلاثة مؤلفين في القرن10، بشكل خاص ، في هذه المواد . وهم ابن حزم القرطبي في كتابه « كتاب الاخلاق والصيغ » ، ابو حيان التوحيدي في كتابه « الصديق والصداقة »، ثم مسكويه في كتاب « تهذيب الاخلاق » . هذا الانتاج يقع على هامش العلم الصحيح ، ولا يمكن ان يعطى مكانة اكثر تفصيلاً ، إذ يكفي الاشارة الى وجود هذه المؤلفات .

نذكر ايضاً أن كثيراً من المؤلفين وصفوا اخلاق الرجال واهواءهم في كتب تدخل في نطاق الادب، وكان هدفها تحديد الانسان المسلم الشريف المثقف الاديب المميز بظرفه. وهنا نصل في دراسة الانسان بالنسبة الى المثل الاعلى الديني والاجتماعي. وقد اهتم الجاحظ في القرن 9 باخلاق البشر، من زاوية علاقتهم بمجتمع معين؛ وقد اكتفى بذكر اوصاف دقيقة وانتقادات جارحة . ويجب ايضاً ضمن هذا الاطار من الافكار ، ذكر كتب الجغرافيين والمسافرين. اذ تعتبر مناجم من المعلومات حول الاحداث والاساطير، ولكنها معروضة بدون ترتيب وبدون منهج انتقادي. ويجب ان نفسح مجالاً خاصاً في هذه المجالات الى البيروني الذي اهتم في كتابه عن الهند بمسائل سوسيولوجية ودينية ولغوية بروح علمية حقة .

ويبرز ابن خلدون بصورة خاصة (القرن 14) كمؤسس لسوسيولوجيا حديثة . فقد درس بصورة اساسية، في المجتمعات، الانتقال من حال البداوة الى الحياة الحضرية ، وبيّن كيف تطور الحياة المادية اثناء هذه التحولات ، وكيف تتضاعف الاحتياجات وتتغير، وكيف تغير الحياة الادبية قيمها ، وكيف ينشأ الرفاه ، وكيف تأخذ العلاقات بين البشر اشكالاً جديدة . لقد كانت لديه فكرة واضحة جداً عن حتمية القوانين السوسيولوجية : حتمية سببها الارض والمناخ ، والعرق، وايضاً تلاقي مختلف العوامل ومفاعيلها . والكثير من ارائه احتفظ بقيمته ، وان بدا الكثير الآخر منها غير كاف بفعل اقتصاره على ملاحظة المجتمع الاسلامي لمعرفته به وحده، وبفعل ان غرضه كان اقل تعقيداً بكثير من الغرض الذي نراه نحن امام اعيننا في ايامنا ، ولكننا لا نستطيع أن نأخذ عليه، انه كان من زمنه، عندما ننظر كم كان متحكماً به قادراً عليه .

ثم ان ابن خلدون هو من مبدعي المنهج التاريخي ، لقد كان عند الفقهاء المسلمين عرفٌ في نقد الحديث (وهي اقوال عن الرسول تذكر كلامه او سكوته ، او اعماله) . ولما كان الحديث قد ادخل عليه الكثير من المنحول، كان لا بد من وضع منهج يتيح معرفة صحته . فعند رجل ذي فكر منطقي ، مثل ابن حزم القرطبي ، كان نقد الحديث موضوع عرض شبه كامل لقواعد النقد التاريخي الظاهري على الاقل . ولكن الشيء المدهش، هو ان المؤرخين المسلمين، خارج هذا العلم الخاص ، علم الحديث ، لم يفكروا في تعميم هذا النهج العلمي . وهذا امر يزداد العجب فيه خاصة وان الكثير منهم، واشهرهم الطبري ، كانوا يؤلفون كتبهم من سلسلة من الاسانيد التي تبدو تماماً كالاحاديث : روى فلان انه سمع فلاناً . . . ولكنهم في الواقع يراكمون هذه الاحاديث التاريخية دون ان يقطعوا بينها برأي واضح . وهذا ما حملهم على ذكر كل نوع من الاشاعات والاساطير يقدمونها للقارىء، كما حصلوا عليها . وقد رفض ابن خلدون هذا الاسلوب في كتابة التاريخ ، ووضع ، في هذا المجال، الاسس الجوهرية لوجوب النقد .

العلم والكوسمولوجيات الميتافيزيكية ـ عند الفلاسفة يمكن العثور على استخلاص المعارف العلمية عند العرب، في مؤلفات طوروا فيها الفكرة الافلاطونية حول وحدة الوجود. من ذلك ان ابن باجه (افمباس) وابن طفيل عرضا فكرة تطور الكائنات المستمر في عالم ما تحت القمر، وخاصة في مجال المملكة الحيوانية، حيث نرى، انطلاقاً من ظاهرات اولية ، تردُّ الى « الحرارة الطبيعية » العضويات تنتقل من حالة النباتية الى الحياة التحركية الحسية ثم العقلية. في هذا النوع ، يبدو المؤلف الاضخم والاشمل بضخامة محتواه في « رسائل اخوان الصفا » . فالانبثاقات عن الواحد هي : العقل الاول ، والنفس الكلية ، والمادة العاقلة (مجموع من العلاقات الرياضية بين الابعاد الثلاثة) . وتحتها عالم الاجسام . وتمارس كل حقيقة من عالم المعقول اثراً على الحقيقة التي هي ادنى منها في ترتيب الانبثاق او الفيض . ان النفس الكلية ترسل نفوساً خاصة لكي تتصرف في عالم المحسوس. وعند المستوى الادنى ، تعطى للمادة الاولية (الهيولى) الاشكال الهندسية والعلاقات الرياضية التي تربطها وتمنعها، من التشتت ضمن التعددية الخالصة . وهكذا تتولد الاجسام الاولية (أرض، ماء، هواء ، نار) كما تنشأ العلاقات القائمة بينها . ثم ان النفوس، « تكمل » بصورة تدريجية الكائنات المادية فتحولها الى

« اشباه معادن » (ركاز) تنشأ من العناصر، والى نباتات ، وحيوانات تتغذى بالنباتات، وهكذا حتى يتم انقاذ الانسان، بفضل العلم المكتسب (العلم هنا هو الغنوص الاسماعيلي كما هو معروض في « الرسائل ») . وبالفعل تجد النفوس، العاملة في عالمنا ، بعد ان تُنْهيَ صُنْعَ الانسان من المادة التي يحتويها هذاالعالم ، في هذا الانسان العقلانية التي تتيح له العودة الى حضن النفس الكلية. لكي يسعد فيها بالعمل الخير عمل العقل والله . يوجد هنا تصور عظيم تكمن فيه، من غير شك، فكرة تطور المادة الاولية حتى تصبح انساناً . وبالنسبة الى الانسان ، تعتبر المعرفة « العلمية » لهذه التفاعلية ، ولكل مرحلة من مراحلها وللكائنات العائدة لها ، الشرط لكمالها .

الخلاصة - نستطيع ان نستخلص فنقول ان العرب قدموا اكثر من نقل العلم: لقد ايقظوا المحبة له، ورعوه، ودربوا ذهنهم النقدي، وشرعوا في تمحيص المفاهيم اليونانية بالتجربة. وميلهم الحديث جداً الى تطوير التقنيات والتطبيقات العملية ، قد ساعدهم كثيراً .

ونحن مدينون لهم، في علم الفلك، وفي الميكانيك، وفي الكيمياء ، باختراع الآلات المفيدة. وفي مجال الطب، اليهم يعود الفضل في تطوير المستشفيات الكبرى الاولى [بيمارستانات] ، حيث كانت العناية بالمرضى تتزامن مع تنشئة الاطباء الجدد، ومع الملاحظات العلمية الخالصة .

وبعد هجمات البرابرة الذين عتموا على الحضارة الرائعة الحضارة اليونانية - الرومانية ، استدفأ الغرب بإشعاع هذه الحضارة الاخرى المتوسطية ، التي عرفت، من اجل التمتع بعطايا الله ، كيف تأخذ افضل ما في التراث اليوناني، بعد طبعها بفكر جديد، مدينٍ بالكثير اولاً ، الى الفكر التأليفي والصوفي الايراني، وثانياً الى العبقرية الخاصة بالعرب وبالاسلام السني .

المراجع

On trouvera une bibliographie très complète dans l'*Introduction to the History of Science* de G. Sarton (3 tomes en 5 vol., Baltimore, 1927-1948), et dans *La science arabe* d'Aldo Mieli, Leiden, 1938. Pour les études plus récentes, voir en particulier la « Critical Bibliography » de la revue *Isis*. Nous nous bornons ici à citer les ouvrages les plus importants et les plus accessibles.

المؤلفات العامة

J. Sauvaget, *Introduction à l'histoire de l'Orient musulman, éléments de bibliographie*, 2e éd., Paris, 1946. — Ph. K. Hitti, *Précis d'histoire des Arabes*, trad. fr., Paris, 1950. — E. Perroy, Le Moyen Age (*Histoire générale des civilisations*, t. 3), 4 éd., Paris, 1965. — M. Meyerhof, Science and Medicine, in *The Legacy of Islam*, Sir Th. Arnold et A. Guillaume, édit., Oxford, 1931. — A. Adnan *La science chez les Turcs ottomans*, Paris, 1939. — C. Brockelmann, *Geschichte der arabischen Litteratur*, 2e éd., Leyde, 1943-49. — B. Carra de Vaux, *Les penseurs de l'Islam*, 5 vol., Paris, 1921-26. — A. Mieli, 11 articles in *Archeion*, 1940-43; *Panorama general de historia de la ciencia*, t. II : *El mundo islamico y el Occidente medieval cristiano*, Buenos Aires, 1946. — *Encyclopédie de l'Islam*, 4 vol. et suppl., Leyde, 1908-1938; 2e éd. en cours de publication. — C. A. Nallino, *Raccoltá di scritti editi e inediti*, vol. 5, Rome, 1944.

العلوم المحضة

H. SUTER, Die Mathematiker und Astronomen der Araben und ihre Werke (*Abh. z. Gesch. d. math. Wissenschaft*, Heft 10, 1900 et Heft 14, 1904). — P. LUCKEY, Die Ausziehung der n-ten Wurzel und der binomische Lehrsatz in der islamischen Mathematik (*Mathem. Annalen*, t. 120, 1948) ; *Die Rechenkunst bein Ǧamšid b. Mas'ūd al-Kāšī mit Rückblicken auf die ältere Geschichte des Rechnens*, Wiesbaden, 1950. — E. B. PLOOIJ, *Euclid's conception of ratio and his definition of proportional magnitudes as criticized by arabian commentators*. Rotterdam, 1950. — A. SAYILI, *Logical necessities in mixed equations by'Abd al Hamid ibn Turk and the algebra of his time*, Ankara, 1962. — A. P. JUSCHKEWITSCH et B. A. ROSENFELD, Die Mathematik der Länder des Ostens im Mittelalter, *Sowjetische Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaft*, hrsg. von G. HARIG, Berlin, 1960. — A. P. JUSCHKEWITSCH, *Geschichte der Mathematik im Mittelalter*, Leipzig, 1964. — L. A. SÉDILLOT, *Traité des instruments astronomiques des Arabes*, 2 t., Paris, 1834-35 ; *Prolégomènes des tables astronomiques d'Oloug Beg*, 2 vol., Paris, 1847-53. — C. SCHOY, études diverses citées par G. SARTON et A. SAYILI. — J. L. E. DREYER, *A history of astronomy from Thales to Kepler*, New York, 1953. — E. B. KNOBEL, *Ulugh Beg's Catalogue of Stars*, Washington, 1917. — J. VERNET, *Contribución al estudio de la labor astronómica de Ibn al-Banna*, Tetuán, 1951. — J. M. MILLÁS VALLICROSA, *Las traducciones orientales en los manuscritos de la Biblioteca Catedral de Toledo*, Madrid, 1942 ; *Estudios sobre Azarquiel*, Madrid-Grenade, 1943-50. — P. KUNITZSCH, *Arabische Sternnamen in Europa*, Wiesbaden, 1959 ; *Untersuchungen zur Sternnomenklatur der Araben*, Wiesbaden, 1961. — F. J. CARMODY, *The astronomical works of Thābit b. Qurra*, Univ. of Calif. Press, 1960. — A. SAYILI, *The observatory in Islam*, Ankara, 1960. — G. FERRAND, *Introduction à l'astronomie nautique arabe*, Paris, 1928. — E. J. KENNEDY, *A Survey of islamic astronomical tables* (*Trans. Amer. Phil. Soc.*, 46, 1956) et articles divers dans *Isis* depuis 1950. — O. NEUGEBAUER, *The astronomical tables of al-Khwārizmī*, Copenhague, 1962. — F. SCHMIDT, *Geschichte der geodätischen Instrumenten und Verfahren in Altertum und Mittelalter*, 1935. — K. MILLER. *Mappae arabicae*, Stuttgart, 1926-31. — S. PINÈS, Les précurseurs musulmans de la théorie de l'impetus (*Archeion*, vol. 21, 1938) ; *Beiträge zur islamichen Atomenlehre*, Berlin, 1936. — M. CLAGETT, *The science of mechanics in the Middle Ages*, The Univ. of Wisconsin Press, 1959. — E. WIEDEMANN, études diverses citées par G. SARTON, *op. cit.*, t. I, pp. 722-23. — M. NAZIF bey, *Al Ḥasan ibn al-Haytham. Ses recherches d'optique et ses découvertes*, Le Caire, 2 vol., 1942-43 (en arabe). — M. SCHRAMM, *Ibn al-Haythams Weg zur Physik*, Wiesbaden, 1963. — R. D'ERLANGER, *La musique arabe*, 4 vol., Paris, 1930-39.

الكيمياء ، علوم الطبيعة والطب .

P. KRAUS, *Jābir ibn Ḥayyan. Contribution à l'histoire des idées scientifiques en Islam*, 2 vol., Le Caire, 1942-43 (ouvrage fondamental). — L. LECLERC, *Histoire de la médecine arabe*, Paris, 1876. — G. COLIN, *Avenzoar, sa vie et ses œuvres*, Paris, 1911. — E. BROWNE, *Arabian medicine*, Cambridge, 1921 ; trad. fr. de H.-P.-J. RENAUD, Paris, 1933. — D. CAMPBELL, *Arabian medicine and its influence in the Middle Ages*, 2 vol., London, 1926. — M. MEYERHOF, études diverses citées in *Osiris*, t. IX, 1950. — H. JAHIER et A. NOURREDINE, *Sources d'information sur les classes des médecins*, Alger, 1958 (trad. d'un texte d'Ibn Abī Usaybi'a) ; ID., texte et trad. d'AVICENNE, *Poème de la médecine*, Paris, 1956. — A.-K. CHÉHADÉ, *Ibn al-Nafīs et la découverte de la circulation pulmonaire*, Damas, 1955.

الفصل الثالث
العلم الهندي الوسيطي

بدأت القرون الوسطى في الهند مع الفتح الاسلامي الذي زعزع واوقف في مناطق الغرب والشمال التفتح الطبيعي للثقافة الهندية وادخل فيها عناصر جديدة. ورغم ان مناطق الهند كلها لم تستشعر بسرعة بالتيار المعادي، الا ان النشاط الخلاق قد تباطأ في قسم كبير من البلد. وفي بعض المجالات لم يتأثر هذا النشاط بل ازدهر جداً من ناحية الهند الصينية واندونيسيا حيث ازدهر الفن بشكل خاص ازدهاراً باهراً. وفي جنوب الهند حيث لم يكن من تأثير مباشر للتوسع الاسلامي، ما عدا التجارة والثقافة الدرافيدية [نسبة الى شعوب هندية تسكن في جنوب الهند]، التي تستعمل بصورة رئيسية اللغة التامولية استقبل الجنوب الثقافة السنسكريتية البرهمانية بشكل واسع مستبعداً بصورة تدريجية الثقافة البوذية التي كان قد استقبلها في السابق. واظهر نشاطاً قوياً في المجال الديني والفلسفي والفني ايضاً، معبراً عن نفسه بآنٍ واحد باللغة السنسكريتية واللغة التامولية، وغيرهما من اللغات الدرافيدية. وعندها ازدهر في جنوب الهند - منتشراً بذات الوقت، نحو الشرق - أدب علمي هو جزء من نفس الحركة الباحثة التي لادب الشمال مكملاً اياه ومغنياً اياه بتراثه ومستجداته.

ان تباطؤ الدفعة الخلاقة في الشمال قد توافق مع مكاسب نشاطية في مكان آخر ومع انتشار تأثير العلوم الهندية في العالم الآسيوي، ولكن هذه المرحلة التوسعية، كانت بشكل خاص مرحلة انتشار التعاليم التي اصبحت كلاسيكية فيما بعد. وهذا الازدهار برز في التفاسير لا في التجديد، كما برز في البحث والاكتشاف. والنتائج العملية المرضية التي تحققت عن طريق العلم الكلاسيكي، وكذلك الرضى الذي اشاعته ايضاً في النفوس، والتعلق بقيمتها التقليدية في وقت كان مجمل الثقافة الهندية يتعرض للهجوم، كل ذلك استوقف، بصورة مسبقة الباحثين ضمن حدود النظريات التقليدية.

ولم يتوقف الادب العلمي، ابتداءً من القرن 8 و9 عن النمو، مكوناً من الشروح على الكتب القديمة او الكتب الجديدة، مستعيداً المعلومات مع قليل من التغيير. ولم يحدث الا في بلاد التامول ان توسعت الحريات تجاه التراث الكلاسيكي.

I - الرياضيات وعلم الفلك

شريباتي - لقد استمر العلم الفلكي القديم او استعيد في القرن 8 من قبل لالا Lala الذي

ادخل تصحيحات على اريابهاتا Aryabhata، وفي القرن 10 من قبل مونجالا Munjala ، وفي القرن 11 من قبل شريباتي çripati، الذي ضاع كتابه لمدة طويلة ثم عثر عليه في جنوب الهند. وهذا الكتاب يعود الى سنة 1039 وعنوانه سيدهنتاشيكهارا Siddhantcekharaاو « ذروة الحلول » . ويتبع شريباتيçrîpati عموماً براهماغوبطا Brahmagupta، ولكن مع محاولة تثبيته . وتختلف استنتاجاته قليلاً عن استنتاجات الاخر. فهو مثلاً يعتمد حساباته من اجل تقدير عدد الدورات الكواكبية ، خلال الحقبة الكونية ، ولم يختلف عنه الا فيما خص عطارد Mercure. كما ان شريباتي çripati تأثر ايضاً بشارح لبراهماغوبطا Brahmagupta في القرن 9 هو برتوداكا Prthûdaka. وشريباتي اذاً هو مؤلف قليل الاصالة ولكن مؤلفه ضخم ويدل على جهد في المحافظة على التراث في أوسع تفاصيله .

بهاسكارا ـ (Bhaskara) ـ اما المؤلف الاكثر اهمية كرياضي وفلكي فكان بهاسكارا المولود سنة 1114، والذي انهى سنة 1150 تأليف كتابه : سيد هنتاشيروماني (Siddhantaçiromani) او « جوهرة رأس الحلول » وهذا الكتاب مقسوم الى 4 أقسام. القسمان الاولان رياضيان . وعنوانهما على التوالي : ليلافاتي (Lilavatî) او « اللاعبة » (أي الرياضيات وانت تتسلي) ثم بيجاغانيتا (Bijaganita) أو « حساب التصحيحات ». والكتاب الاول يعطى قواعد الحساب اما الثاني فيعالج الجبر. اما القسمان الاخران فيبحثان في علم الفلك : غراهاغانيتا (Grahaganita) أو « حساب الكواكب» ثم غولا (Gola)أو الكرة .

ويعود بهاسكارا (Bhaskara) الى سابقيه ولكنه ينتقدهم بما فيهم براهماغوبتا (Brahmagupta) رغم تقيده به غالباً . وفي مجال تمثيل الكون يرتكز نظامه على نظام سوريا سيد هنتا(Sûryasiddhanta) . وهو يقلد هذا النص الاخير فيشبه بالرياح قوة تجاذب الكواكب، مميزاً هذه الرياح في الفضاء عن تنقلاتها . ومن الناحية الرياضية، يشرح الحركات بموجب نظرية متطورة حول افلاك التدوير والافلاك ذات المراكز المتخارجة. ومن اهم خصوصيات تعاليمه انه يحلل الحركة كحركة الشمس مثلاً فلا يكتفي فقط بالفرق بين خطوط الطول بين يوم واخر بل ايضاً بتجزئة اليوم الى فترات متعددة حتى يستطيع اعتبار الحركة في كل فترة وكأنها متجانسة.

مخطوط بهاكشالي (Bhakshâli) ـ عثر على مخطوط في الحساب، في كشمير، واعتبر في بادىء الامر قديماً جداً ، وهذا المخطوط قد اشتهر في تاريخ الرياضيات الهندية. فهو بالفعل مفيد من حيث الامثلة التي يقدمها حول ممارسة الحساب ممارسة اغفلتها الكتب. وهو يقدم حلولاً عمومية ما امكن، عن طريق الحساب فقط، كما يقدم مسائل متنوعة. ويستخدم المعادلات اللامتناهية من الدرجة الثانية كما يستخدم التصاعديات الحسابية وقاعدة الافتراض الخاطىء .

أما تاريخه بالضبط فغير معروف، واما نمط كتابته فقديم دون ان يتجاوز حتماً القرن العاشر.

العلاقات مع الرياضيات الاجنبية ـ اتصلت الرياضيات وعلم الفلك الهندي في القرون

الوسطى برياضيات العالم الاسلامي والصين. والاتصال بالصين قد تم بذات الوقت الذي انتشرت فيه البوذية في الصين مع بدايات القرون الاولى للعصر المسيحي؛ ويبدو ان هذا الاتصال لم يتغير كثيراً في القرون الوسطى. اما الاتصالات بين العلمين الهندي والعربي، فكانت اكثر اهمية في تلك الحقبة. ومن المقبول عموماً ان الترقيم العشري ذا الارقام التسعة والصفر قد اخذ عن الهند من قبل العرب كما اشار الى ذلك مختلف المؤلفين العرب. ومع ذلك يعطي بعض العلماء «للارقام العربية» اصلاً يونانياً عن طريق القبط. فهم يفترضون ان عناصر من هذا النظام كانت معروفة عند الافلاطونيين الجدد، ثم احتفظ بها القبط. في هذه الاثناء كان النظام مطبقاً بشكل واسع في الهند، في ازمنة العلاقات الاولى مع العلم العربي، وليس مشهوداً من الجهة اليونانية.

وفي الجبر، بدا التأثير الهندي الممكن على الجبر العربي قليل البروز. بالمقابل كان تأثير التريغونومتريا الهندية (علم المثلثات) بارزاً من خلال البتاني (ت 929).

II ـ الكيمياء

أنه في الحقبة الوسيطية، بشكل خاص، انتجت الكيمياء الهندية كتباً تعرفنا بها، رغم ان وجودها برز، ابكر من ذلك بكثير من خلال تراث يعود بالذات الى الحقبة السابقة. فقد تكونت الكيمياء الهندية، على ما يبدو، من خلال بحث مثلث: البحوث الخيميائية التي ظهرت تقريباً بنفس الحقبة التي ظهر فيها تأثير التنجيم اليوناني، والتي ربما كان منطلقها الخيمياء اليونانية، تم البحث في تحضير الادوية على اساس شبه معدني (ركازي) واخيراً البحوث في تقنية التعدين. وكان لهذه التقنية الاخيرة نجاح ضخم وباكراً. وتعتبر اعمدة الحديد، ومنها عامود دلهي (Delhi) (لوحة 14) المشهور، والذي يحمل تدويناً من القرن الرابع، بينات مادية على هذا النجاح الذي لا تفيد النصوص عنه. ان الحديد الهندي، قد ذكر في السابق كبضاعة في «دورة في بحر اريتريا»، في القرن الثالث. من جهة اخرى ان معالجة الحديد من اجل تحضير الادوية كانت معروفة من سوشروتا (suçruta)، الذي وصف ايضاً استعمال الحارقات القلوية.

وبدأت البحوث الخيميائية، الى جانب الدراسة العادية لتحويل المواد الى اجسام جديدة، مع استعمال الرصاص. وارتبطت هذه البحوث بالحركة المسماة «طنطرية» والتي كانت في جزء منها جهداً نحو انجازات مدهشة، بواسطة وسائل طقوسية او فيزيائية سحرية، وعمليات رموزية، ولكن العديد من الكتب يعلم فقط عمليات تحضير المستحضرات. وهذه الكتب تستخدم التكلس كأسلوب مفضل. وهي تصنف الاجسام الى ماهاراسا (Maharasa)، أي أجسام اساسية، وهي الاجسام الموجودة بحالتها الطبيعية (السينابر مثلاً)، والى اوباراسا (uparasa)، وهي مشتقات من الاولى، والى **لوها** (loha)، معادن، والى لاڤانا (lavana) املاح. وهناك تراث خيميائي تامولي يقسم المادة الى ذكور واناث.

وهناك بعض العلاقات بين الخيمياء الهندية والخيمياء الصينية التاوية، ربما كانت قد ساعدت

على تشجيع قيام علاقات اخرى تتعلق بالتقنيات، مثل تقنية اليوغا، وهي تقنية سيكو ـ فيزيولوجية ، ولكنها مقرونة بالحركة الطنطرية ، كما هو الحال بموازياتها الصينية ، في الحركة التاوية، تجاه البحوث والتقنيات الخيميائية .

III ـ الطب

لقد تضاعفت، بدون حصر، الكتب الطبية، والشروحات حول الاقدمين، والعروض العامة لنظرياتهم، والكتب الخاصة، وخاصة مجموعات التركيبات الطبية، بخلال القرون الوسطى وبدون انقطاع حتى ايامنا .

المجمعون ـ منذ الحقبة القديمة ، قام العديد من الاطباء بجمع الكتب القديمة، لاستخراج التركيبات الاستطبابية منها، التي تعتبر في نظرهم رئيسية وليضيفوا عليها التركيبات التي هدتهم التجربة الى وضعها. والبعض استعادوا ضمن تصنيفات جديدة مضمون كتب سوشروتا (Sucruta) وكاراكا (Caraka) وفاغبهاطا (Vagbhata). من هؤلاء مادها فاكارا(Madhavakara) ، في القرن السابع (ربما) الذي ترك « روغفينيشكايا(Rugviniçcaya) »، « تشخيص الامراض » ويسمى هذا الكتاب ايضاً « مادها فانيدانا » (Madhavanidana) « التصنيف بحسب ماداهافا »(Madhava) ، حيث يعالج ، بالاستعانة بالمؤلفين المذكورين، المؤشرات ومناسبات حصول الامراض . وتعتبر مجموعته اكثر منهجية من الفصول التي تقابلها لدى سابقيه، ولذا بقيت اكثر استعمالاً . وقد روجعت واستكملت بمجمل من المعطيات المتعلقة بالمعالجة من قبل فرندا Vrnda في كتاب « سيدها يوغا »Siddhayoga « الاستعدادات الكاملة ». وفيما بعد اعيد انتاجها من قبل فانغاسينا Vangasena، الذي اضاف الى وصف الامراض علاجاً كاملاً .

وجمع شارنغادهارا (Charngadhara) ، بتاريخ غير مؤكد (ربما القرن 13، وربما الى القرن 11)، « سمحيتا » ذات مظهر اكثر اصالة. ولا يقتصر هذا الكتاب على « السمحيتات » (samhita) الكلاسيكية، بل يعتمد فضلاً عن ذلك ، معلومات مشتقة من مدارس اليوغا التي تبحث في دور النَفَس ، وتجرب وسائل سيكو ـ فيزيولوجية ، للتأثير على الجهاز العضوي .

الشراح الكبار ـ ان النصوص القديمة، الموجزة وحتى الرمزية غالباً ، احتاجت لمن يشرحها ويوسعها من اجل التعليم . وفي بعض الاحيان استكملت بأقسام واسعة اضيفت الى نصوصها. فأكمل دردهابالا (Drdhabala) بالتالي كاراكا (Caraka) . واضيف ملحق اوتاراستانا (uttarasthana) الى سوشروتا(Suçruta) ، بتاريخ غير مؤكد (وهو ينسب الى ناغارجونا (Nâgârhuna)) . ومن اهم الشراح : بالنسبة الى سوشروتا Suçruta، غاياداسا Gayadasa الذي لم يحفظ مؤلفه، مع الاسف، الا جزئياً. ثم دالهانا Dalhana، وهو كشميري من القرنين 11 و12. وبالنسبة الى كاراكا Caraka، هناك كاكراباني Cakrapâni، الذي استطاع فضلاً عن ذلك ان يجمع مؤلفاً في الاستطباب وكتاباً آخر حول المادة الطبية. اما بالنسبة الى فاغبهاطا Vâgbhata ، فهناك هيمادري Hemâdri (القرن 12)

واروناداتا Arunadatta (القرن 13). وترجم عمل احد الشراح السابقين لـ فاغبهاطا Vâgbhata الى اللغة التيبتية (بادارتاكاندريكا Pâdârthacandrikâ) بقلم (كاندراناندانا Candranandana)

أصحاب المعجميات ـ ووضعت بصورة مبكرة، وبخاصة في القرون الوسطى، معاجم (نيغهانطو) (nighantu) مبهجية بالمادة الطبية. واقدم هذه المعاجم، سابق حتى على معاجم اللغة السنسكريتية الادبية الكلاسيكية. انه معجم دهافانتاريني غانطو (Dhanvantarinighantu). واكثر هذه المعاجم استعمالاً ، قبل معاجم الحقبة الحديثة، التي انتجت الكثير منها، هي معاجم مادانافينودا (Madanavinoda) وراجاني غانطو (Rajanighantu)من القرن 14 .

الكتب الثامولية ـ وتعتبر اكثر اصالة كتب التراث الثامولي، في اقصى جنوبي الهند. ولكنها للاسف مؤرخة تأريخاً سيئاً جداً ، ولهذا درست دراسة سيئة حتى الآن . وهي تعود في بعضها الى الشخص الاسطوري الذي ادخل المعارف السنسكريتية الى بلاد التامول ، وهو آغاستيا (Agastya) . أما البعض الآخر فيعود الى تلميذه تيريار (Teraiyar)، وبعضها ايضاً واخيراً إلى سلسلة من السيتار « الكاملين » ومن بينهم من يحمل اسماء اسلامية[1] .

(1) من اجل مراجع هذا الفصل ، يرجع الى مراجع الفصل المخصص ، الى « العلم الهندي القديم » .

الفصل الرابع
العلوم في الصين الوسيطة

أرخنا بداية القرون الوسطى في الصين منذ بداية الاستيلاء على مدنها من قبل « البرابرة » سنة 317 ميلادية . وهي أول مرة يحدث فيها هذا الامر. ثم ان البرابرة احتلوا شمال الصين اي المناطق التي جرت فيها احداث العصور القديمة الصينية . والامبراطورية الصينية الحقة لم تقم وتبقى الا في جنوبي البلاد، اي في مناطق النهر الازرق، وعاصمتها نانكين.

وهذا ادى الى استعمار اكثر نشاطاً للبلدان الشمالية التي كانت مشغولة حتى ذلك الحين من قبل شعوب ذوي لغات متنوعة (مياو ، ثي) ؛ من هنا نمو معارف البلدان الجديدة ، ونمو نباتات جديدة وتقنيات جديدة .

وفي الشمال، اعلن زعماء القبائل ذات اللسان الالطي، انفسهم اباطرة وانتهوا الى التصين . واقترنت هذه الاضطرابات بنمو الاديان . وانتظمت التاوية كدين له اكليروسه بادارة بابا : « المعلم السماوي » سنة 423. ونمت البوذية التي وصلت الى الصين في الحقبة السابقة، وبخاصة في ظل عائلة مالكة من اصل تركي : آل وي (Wei) (نغوي) (Ngwei) من 386 الى 581 .

واقترن هذا بنمو فني : نقوش ضخمة على الصخور .

وفي السنة 589 فقط توحدت الصين من جديد بقيادة مؤسس السلالة الملكية الجديدة سوي (Souei) الذي شرع في بناء قناة كبيرة لكي يربط بين بلاد النهر الازرق وبلاد سهل الشمال. وقامت سلالة اخرى اسمها تانغ T'ang (دانغ)(Dang) وبقيت من 613 الى 907 وكانت لها شهرة تشبه شهرة آل هان (Han). واصبح انتقاء الموظفين يتم عن طريق الفحص، وتمت العودة الى تعليم العلوم الكلاسيكية الكنفوشية. وازدهر الادب بفضل الشعراء المشهورين لي تاي بو(Li T'aipo) وتوفو (TouFou) . وتطور تقدم المعارف العلمية . وقامت حركة ضد المثالية الدينية. واتصل الصينيون بالعرب، بمعركة تالاس سنة 751 .

وتلت هذه السلالة الملكية حقبة من الفوضى 907 – 960. في هذه الحقبة اصبحت فيتنام

مستقلة . واعيدت وحدة الارض الصينية على يد عائلة ال سونغ song سنة 960. وازدهرت الحضارة الصينية ببهاء بلغ الذروة .

وقامت المدرسة الكنفوشية الجديدة بدمج مقدمات التاوية والبوذية في مجمل فلسفي بقي كلاسيكياً حتى القرن 19. ولكن القواعد الاقتصادية للدولة بقيت ركيكة ، وحاول الوزير وانغ ـ نغان ـ شي (Wang ngan che) ان يطور اقتصاداً نقدياً سنة 1086، وذلك حين اجبر الدائنين على استيفاء ديونهم بالنقد لا بالعين . ولكن المحاولة لم تنجح . وفي سنة 1135 ، استولى البربر على شمالي البلاد : فقام قبائل تونغوز (Taungouzes) بتأسيس السلالة الملكية « كين » (Kin) . وانكفأ آل سونغ الى جنوب البلاد وظلوا حتى سنة 1279.

ولاول مرة في حياتها خضعت الصين باكملها للبرابرة ـ المغول الذين استولوا على كل اسيا الوسطى واسسوا في الصين سلالة يوان (Yuan)، ولكنهم، لم يكتفوا بادخال المغول اليها ، بل ايضاً العديد من الاجانب كموظفين . واشهر هؤلاء من الاوروبيين كان البندقاني ماركوبولو(Marco polo) .

ولم تستعد الصين استقلالها سنة 1368 مع السلالة الصينية من آل منغ (Ming)الذين طردوا المغول والذين حاولوا بعث الامبراطورية الصينية التقليدية بأخذ الموظفين عن طريق الامتحان . الواقع ان هذا الحال لم يطل حتى قرنين : إذ في سنة 1644 ، خضعت الصين بكاملها من جديد ، لقبائل بربرية اخرى هم : الماندشو (Mandchous) .

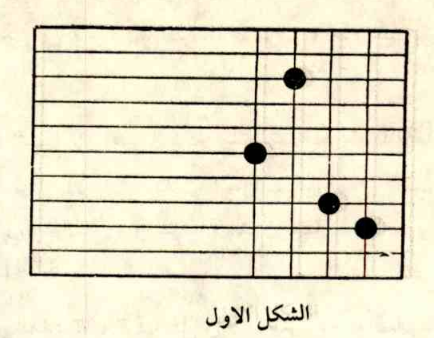
I ـ الرياضيات

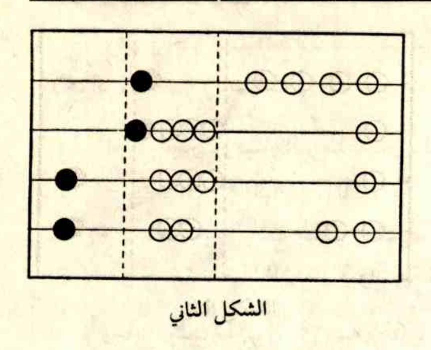
الحسابات ـ نجد، في كتاب غير واضح التاريخ « تراث المعلومات حول فن الارقام » لمؤلفه (شو شو ـ كي ـ يي Chou Choud Ki - Yi ، من سيويو (Siu - yo) ، شرحه تشن لوان (Tchen Louan)، بين القرن 3 ونهاية القرن 4، نجد وصفاً لترقيم جديد للاعداد ولّد المعداد. وبرز هذاالترقيم بشكلين. الاول ويقوم على لوح يتضمن عدة اوتار متوازية يمر كلٌ منها بخمسة كرات، آخر كرة منها لونها يختلف عن لون الاخريات. وهذه الكرة الخامسة تمثل خمس وحدات، وهكذا يمكن ترقيم عدد من صفر الى تسعة فوق كل وتر.

والشكل الثاني هو لوح، يتضمن تسعة خيوط متوازية، ومزود باوتار عامودية على هذه الخيوط . وفي كل وتر كرة واحدة يكون موقعها فوق الخط المعين يدل على الرقم الذي تمثله.

وتدل الصورة 34 على العدد 5832المكتوب في كل لوحة .

والى نفس الحقبة يعود تاريخ « كلاسيك الحسابات ذات الخمس ادارات » « يوتساو (Wou Ts'ao) سوان كنغ (Souan – king)، وهو كتاب بسيط عملي لايتجاوز مستوى العمليات الاربع .


الشكل الاول


الشكل الثاني

صورة 34 ـ مثل على استعمال شكلين من المعاديد الصينية (العدد 5832) .

وفي حوالي السنة 500، وجد « الكلاسيك في الحسابات » لواضعه تشانغ كيو تسيان Tchang) K'ieou ts'en) الذي دلَّ لاول مرة على اسلوب قسمة الكسور عن طريق الضرب بعكس الكسر المقسوم عليه . ونجد فيه ايضاً حلَّ المسائل ذات السلاسل الحسابية والجيومترية الموضوعة من اجل عمل النساجين .

وهذه الحسابات، وان طبقت على مسائل اخرى، فانها تحتفظ بتعابيرها النسيجية: ان عدد الحدود هو عدد ايام النسج، والمتوالية الحسابية: الزيادة اليومية، والحد الاول: هو العدد المنسوج في اليوم الاول، الخ .

وحوالي سنة 625، وفي « كلاسيك الحسابات عند الاقدمين، المتتالي » ، عاد المؤلف ونغ هياو تونغ (Wang Hiao–T'ong) الى معادلات الدرجة الثانية، وباشر لاول مرة ، المعادلة من الدرجة الثالثة ، بمناسبة مسائل مشابهة لحساب اضلاع المثلث القائم المعروف مجموع ضلعي الزاوية القائمة فيه، والفرق بين وتره واحد ضلعي الزاوية القائمة .

وتدل طرفة وضعت سنة 855 على ان الحسابات في تلك الحقبة كانت تتم كما في الزمن القديم : وتحكي كيف كان يانغ سون Yang Souen يختار الموظفين :

« ذات مرة حاز كاتبان نفس المرتبة ولهما نفس الاعمال، وفي ملفهما، نفس التوصيات ونفس الملاحظات ، وكانا يتنافسان على ذات المنصب . واشكل الامر على المسؤول ايهما يختار باستعان بيان سون (Yang – souen) الذي استدعى المرشحين وقال : « ان قيمة الموظفين الصغار تقوم على سرعة الحساب. وعلى المرشحين ان يستمعا الى سؤالي، والذي يحله اولاً تكون له الترقية وهذه هي المسألة : « كان احدهم يتنزه في الغابة فسمع لصوصاً يتناقشون حول توزيع بكرات القماش التي سرقوها. فقالوا اذا كان لكل واحد 6 بكرات يبقى منها خمس، ولكن اذا اعطى لكل واحد سبعة ، ينقص 8 . ما هو عدد اللصوص وعدد البكرات؟ . . . » وطلب يانغ سون(Yang souen) من المرشحين حل المسألة بواسطة الاعواد فوق بلاط الممشى . وبعد فترة، اعطى احد المرشحين الجواب الصحيح فاعطى الترقية، وذهب الموظفان دون ان يتذمرا او ينتقدا القرار » . ترجمة (ج. نيدهام) (J.Needham) .

وفي اواخر القرن 13 تعمم استعمال المعداد الكراتي ؛ وجعل تركُ الحساب ، عن طريق الاعواد ، كتبَ الرياضيات في العصور السابقة ، غامضة .

تقدم الجبر ـ وكبار الرياضيين ـ لقد ضاعت كتب الرياضي الكبير تسو تشونغ تشي Tsou tch'ong – tche (430 – 501) ولا يعرف عنها شيء الا من خلال اشارات واردة في كتب التاريخ ، لان كتبه كانت ما تزال موضوع تدارس في القرن 7 . وحسب قيمتين متقاربتين لـ بي (π) : واحدة زائدة 3,1415927 والثانية ناقصة 3,1415926 .

وبهذا الشأن نذكر انه في سنة 635 ، كانت اعشار العدد π ، ترقم كل واحدة منها باسم صفها او مرتبتها المقابلة لوحدات عشرية طولية : 3 أقدام، 1 بوصة 4 خطوط 1فن 5 لي 9هاو 2 مياو و7 هو (1fen 5li 9hao 2miao 7hou) . وبالمقابل، وفي سنة 660، وفي حسابٍ روزنامي ، لم يشر تساو شي وي (Ts'ao Che – wei) الا الى الوحدات والى المئويات : 365 يو24yuكيki ؛ وفي آخر القرن 7، اكتفى هان ين (Han yen) بكتابة كلمة « نقطة » توان (touan) بين الوحدات والكسور العشرية . ولم تظهر الصفر الا في القرن 8 في الكتب التنجيمية لـ كيو تان سيتا (K'iu – tan si – Ta) الذي أبرز وسائل الحساب الهندي . وكان هذا الرمز الاخير قد تعمم بسرعة في القرن 9 بشكل دائرة .

في عصر سلالة آل سونغ (song) عاش ثلاثة رياضيين كبار ما تزال لدينا كتبهم :

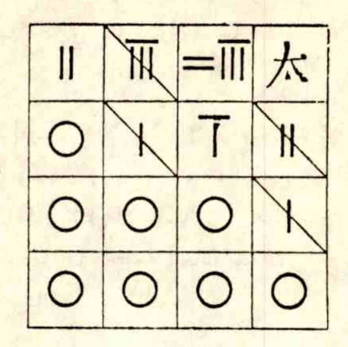
تسين كيو شاو (Ts'in, Kieou – chao): كان يعيش في الجنوب، ونشر سنة 1247 « تسعة فصول من كتاب الحساب » (شوشوكيو تشانغ)(chou chou kieau tchang) وفيه يعالج المسائل الفلكية، وحسابات معقدة حول المساحات والاحجام . وكانت حساباته الجبرية، بعكس حسابات العصور القديمة، مشروحة بجداول ارقام مكتوبة على الورق : وكان اول من كتب بالاسود الاعداد السلبية ، في حين ان الاعداد الايجابية كانت مدونة بالاحمر . وعالج طريقة المعادلات غير المحددة وحلّ حتى بعض المسائل التي تتضمن معادلات من الدرجة الثانية .

وعاش لي يي(li – yei) (1178 – 1265) في شمال الصين الذي انتقل، في تلك الحقبة، من سيطرة عائلة تونغوز من آل كين Kin الى السلالة المغولية، ونشر سنة 1248 «المرآة البحرية للدائرات المقاسة » وفيه حساب للدوائر المحبوسة ضمن المثلثات . ودونت المعادلات ذات المجهولات الاربعة المتعلقة بهذه المسائل داخل تربيعة على الشكل التالي :

في مركز التربيعة كتبت كلمة « اعلى » (اختصار للذروة العليا، وهي نجمة قطبية، هي مركز الكون) ؛ اما صف الخانات الى اليمين مباشرة فكانت مخصصة لمعاملات الوتر (hypothénuse) المسمى « رجل » . والخانة الاقرب الى المركز فمعاملها الحد ذو الدرجة1، والخانة الثانية هي خانة الحد ذي الدرجة 2، الخ . والصف العامودي تحت المركز مخصص لمعاملات الدائرة المحبوسة؛ أما الاتجاهان الآخران الافقي الى الشمال والعامودي نحو الاسفل . فكانا مخصصين لمعاملات ضلعي الزاوية القائمة . وكان لا بد اذن من عدد من الرقعات بعدد المعادلات .

والمعادلات ذات المجهولين التي نكتبها هكذا :

$2y^3 - 8y^2 - xy^2 + 28y + 6xy - x^2 - 2x = 0,$ رسمها لي يي على الشكل التالي :



صورة رقم 35 ـ ترقيم معادلة ذات مجهولين كما وضعها لي يي .

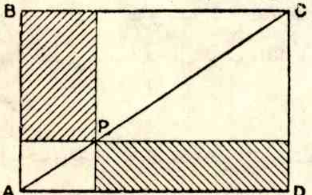
ويُرى ان ترقيم المعاملات السلبية يتم بقطع الخانة؛ بدلاً من تغيير اللون . وعندما لا يوجد الا مجهول، يستعمل لي يي Li ye خانات نفس الصف انما موضوعة على يسار المركز لكتابة المثقلات اي الاساات السلبية . وهكذا كتب المعادلة التالية : $X^2 + 2X \pm 3X^{-1} - 6X^{-2}$.

الصورة 36 ـ ترقيم معادلة ذات مجهول واحد وضعها لي يي .

ونشر لي يي Li Ye سنة 1258 « تمارين جديدة » ، (يي كوين توان) Yi Kou yen Touan وفيها أورد معادلات تتضمن تعابير عددية موضوعة الى جانب الخانة المركزية .

أشار يانغ هوي (Yang Houei) في « قواعد الحساب ضمن تسعة فصول مفسرة بالتفصيل » (سيانغ كيي ، كيو تشانغ سوان فا) (Siang Kiai Kieou Tchang souen Fa) [ظهر هذا الكتاب سنة 1261] . وفي مؤلفاته الكاملة ، المنشورة سنة 1275 ، اشار الى مجموع مختلف السلاسل : مثلاً مجموع مربعات الاعداد الصحيحة؛ وحل انظمة معادلات ذات خمسة مجاهيل، واختزل كل الكسور الى اعشار . وقدم نقداً مهماً عندما قال :

« الاقدمون غيروا اسم المناهج من مسألة الى مسألة، بحيث ان التفسير لذلك لم يعط » . ثم قدم، وهذا امر نادر في الصين، تبييناً جيومترياً ، مبيِّناً بان المستطيلين BP وPD المبنيين سنداً للمعترض AC في المستطيل ABCD مساحتاهما متساويتان (صورة 37) .



الصورة 37 ـ تبيين جيومتري بحسب يانغ هوي (1261)

وفي الحقبة المغولية عاش ايضاً رياضي شهير تشو شي كي (Tchou Che — Kie) اعطى في كتابه : « مدخل الى علم الحساب » (سوان هيوتسي مونغ) (Souan hien tsi mong) الذي صدر سنة 1299 ، قواعد الحساب الجبري ، وجدولَ قسمةٍ ضرورياً لاستعمال المعداد . وهذا الكتاب كان مصدر الجبر الياباني .

وفي الكتاب « المرآة الثمينة للعناصر الاربعة » (سو يوان يو كيان (Sseu yuan gu Kien) الذي صدر سنة 1303 نجد مثلث باسكال (معامل اسات الثنائي)، المسمى من قبل المؤلف « دياغرام (رسم بياني) الطريقة القديمة للعثور على الاسات . « والعناصر الاربعة » في عنوان الكتاب هي « المجهولات الكيفية » التي استخدمها لحل انظمة المعادلات غير المحددة . ونجح ايضاً في تجميع السلاسل الكاملة المتناهية المعقدة نوعاً ما .

ويبدو ان تقدم الرياضيات في الصين قد توقف عند هذا الحد . وانه فقط في آخر الحقبة التي ندرس، عثر على اكتشاف مهم يستحق الذكر : حساب المدرج الملطف (La gamme tempérée) وفي القرن الخامس حاول هو تشنغ تيان ووانغ فو Ho Tch'êng-T'ien et Wang pho ، جاهدين الحصول على سلم ملطف ، او بصورة اوضح العثور في المتمن على النوتة 13 من السلم الثابت ، وذلك بتوزيع الفرق بين المسافات الاثنتي عشرة . ولكنه في نهاية القرن 16 فقط ، سنة 1584 ، نشر امير من اسرة المنغ ، تشو سي يو Ming, Tchou Tsai-Yu ، حلَّ المسألة : يكفي ان نأخذ كمسافة الجذر الثاني عشر لـ 2 للحصول على المدرج الملون الملطف .

II ـ علم الفلك والجغرافيا

علم الفلك ـ في القرن الخامس ظهر تقدم في التقنية الالاتية . فقد وصفت ساعات مائية ، يفترض استعمالها وزن الوعاء او وزن واحد من الخزانات الوسيطة . وتحسن بناء الكرات المحلقة [كرة ذات حلقات تمثل مواقع الدوائر الرئيسية في الكرة السماوية] : فأصبح بالامكان تحريك هذه بواسطة دولاب مائي يتيح تتبع حركة النهار، وقياس الموقع النسبي لمختلف الكواكب، دون الاضطرار الى الالتفات لتنقلاتها اثناء القياس. وي هنغ (I – Hing) هو الذي اخترع سنة 725 اول هذه الساعات ، فوضع اساسَ كل علم الساعاتية الميكانيكية . وقدم سوسونغ Sou Song سنة 1092 ، الوصف الدقيق لساعة كبيرة رقاصة فلكية تدير كرة سماوية وكرة ذات حلقات (محلقة) .

وتعداد الات كوو شيو كنغ Kouo Cheou–King الحاصل سنة 1276، حُفِظَ لنا ضمن تاريخ السلالة المغولية ، سلالة آل يوان Yuan ،وبعض هذه الالات بالذات ما يزال محفوظاً في نانكين فوق التلة القرمزية .

ونجد بينها آلة محرفة عن التوركتوم Torquetum في علم الفلك العربي ، إنما مكيفة من اجل القياسات الاستوائية ـ انه احدى الشهادات النادرة الدالة على التأثيرات الاجنبية في علم الفلك

الصيني ؛ ورغم ان كتباً عديدة من علمي الفلك والتنجيم الهنديين قد ترجما منذ القرن السابع وان تراجم عن كتب عربية قد تمت ايام المغول، فان الصفة الخاصة للتقسيمات الى درجات ، وللاحالات الى القطب تتعارض مع الاندماج بباقي علوم الفلك الوسيطية .

الجغرافيا وعلم الخرائط ـ بدأ علم الخرائط منذ العصور القديمة ؛ اننا مع الاسف لم نحتفظ بشيء منها ، حتى ولا بشيء من الخارطة الكبرى ، من سلم « بوصة » في « اللي » والتي وضعها كياتان Kiatan (730 — 805) .

ويدلنا كتاب « محاولات » للمهندس والموظف شن كوا (Chen Koua) على ان هذا المؤلف وضع خرائط وقدم واحدة منها ، نافرة، الى الامبراطور. وكانت لديه معارف رياضية واسعة ، فحسب طول القوس بأن حصل على مجموع الوتر (Corde) وعلى حاصل قسمة مزدوج السهم بالقطر ، وعرف البوصلة بشكل ابرة ممغنطة عائمة وعرف أن هذه الآلة لا تدل تماماً على الشمال . ويُذكر أيضاً انه كان يعرف كيف يتنبأ بالكسوفات ، وان الكواكب هي كروية وليست مسطحة ، وانها إذا كانت لا تصطدم في وقت الكسوف فذاك لأنها ليست جماداً بل هي « نسمة » (كي K'i) .

ووضع الفلكي سوسونغ، (SouSong) في كتابه حول الكرات المتحلقة، خرائط سماوية . واستعمل سنة (1086– 1094) الاسقاطات القطبية، كما استعمل، في خارطتين من المناطق الاستوائية الاسقاط المسمى اسقاط مركاتور (Mercator) (القرن 16) . وما يزال يوجد حتى وقتنا الحاضر، خارطة مسطحة سماوية ، وضعت سنة 1193، محفورة فوق حجر سنة 1247 في المعبد الكونفوشي، معبد سوتشو(Sou - Tcheou) . وهناك خارطتان ارضيتان محفورتان في الصخر ، وتعودان لسنة 1137، محفوظتان في سي نغان (Si – Ngan) . ولم تبنيا على أساس نفس الاسقاط الذي بنيت عليه الخارطات السماوية بل على اساس تربيعات ذات مسافة ؛ وتقدم خارطة بقايا « يو » (Yu) تربيعاً ذا سلم معين : 200 liلكل جهة ، اما ترسيم الانهار فرائع فيها . وأقدم خارطة مطبوعة ، تاريخها سنة 1280 ، فمحفوظة في المكتبة الوطنية في بكين . وفي كل هذه الخارطات رُسِمَ الشمال في الأعلى .

وفي الحقبة المغولية اتسعت المعارف الجغرافية حتى شملت كل القارة القديمة. ووضع الجغرافي تشو سيوبن (1273 - 1337) خارطة للصين اضاف اليها خلفاؤه الاقطار الاخرى؛ وعثر في مراجعة كورية تعود لسنة 1402 محفوظة، على اكثر من مئة اسم من اوروبا (واسم كل من فرنسا والمانيا كتب بصورة صوتية) و35 اسماً من افريقيا .

الكوسمولوجيا (او علم الاكوان) ـ قدم الفلاسفة الكونفوشيون الجدد تفسيرات عن الظاهرات السماوية . ودل تشانغ تسي(Tchang Ts'ai) بأن النجوم تدور بسرعة ، محمولة من قبل كي K'i وان الكواكب متأخرة بفعل تأثير الارض التي هي اقرب اليها. والقمر اكثر تأخراً من الشمس لانه « يين Yin » مثل الارض .

وقدم تشوهي (Tchou Hi) (وصدق على) التفسير الصحيح للكسوفات . ففي نظره ، وهو بمثابة توما الاكويني الصيني Thomas d'Aquin)يتألف الكون من « كي K'i»: نسمة، طاقة، مادة، ومن « لي Li » : بنيـة ، نظام ، انتـظام . ونشرت اعمالـه الكاملة سنـة 1415 من قبل احـد اباطـرة المنغ (Ming) : يونغ ـ لو (Yong — Lo) .

واليكم الكيفية التي صنف بها احد مؤلفي القرن 14، وانغ كووي (Wang K'ouei)، في « مجموعة البحار والاشعار » لي هاي تسي Li hai Tsi ممالك الطبيعة : السماء والمطر ،والثلج ليس فيها الا الكي K'i :النسمة، والارض فيها كي وهنغ (K'i et Hing): الشكل. والنباتات وبعض اشباه المعادن فيها كي K'i، وهنغ Hing، وسنغSing: الحياة. والحيوانات فيها كي K'i وهنغ Hing وسنغ Sing وتسينغTs'ing : الشعور. في هذا الكتاب نجد عدداً كبيراً من الملاحظات حول بيئة الحيوانات وفيزيولوجيتها .

III ـ العلوم الفيزيائية والطبيعية

بوجهٍ عام ، نحن لا نشهد تطوراً مستقلاً لمختلف العلوم ، بل نجد معلومات موزعة حول تقدم المعارف العلمية ، في مختلف الكتب التقنية او البيوغرافية (علم السِيَر) وبخاصة في الادب الطبي .

في مطلع هذه الحقبة اعطى نمو التاوية واهتماماتها الخيميائية، وتطور البوذية الذي ادخل الادب التقني الهندي، دفعة لعلوم الملاحظة .

المتحجرات ـ هناك مثل جيد عن تقدم هذه المعارف تقدمه الباليـنتـولوجيـا [علم الاحاثـة = اشكـال الحياة في العصـور الحجريـة الاولى]. وقد ورد ذكـر للمتحجرات منـذ 527 في « تفسير نهج (كلاسيك) المياه » لـ لي تاو يوان Li Tao – Yuan؛ وتفسير المتحجرات تم بشكل دقيق في حقبة آل سونغSong: من المعلوم ان وجود المتحجرات يدل على ان الجبال قد تشكلت في اعماق البحار .

ويستحق التفصيل تاريـخ « سبيريغـر » وهي قوقعـة من نوع المحـار (براشيـوبود) المتحجـر في الاراضي الكربونية (الفحمية) . حوالي سنة 375 ، اشار مؤلف الى جبل السنونوات الحجرية ، الذي سمي هكذا ، حسب قوله لانه يتضمن محاراً متحجراً يشبه السنونـوات التي تطهـر اثناء العـواصف . ويضيف معلق من القرن الخامس : « الآن ، لا تطير هذه السنونوات » . في سنة 1133 ، يذكـر تووان (Tou wan) في كتابه « غيوم غابات حجرية » ، انه وضع اشاراتٍ رسمها بارزة فـوق المتحجرات التي تظهر على الجدار ، ولاحظ ان المطر والحرارة تسقطها ، مما يوهم بأنها تطير .

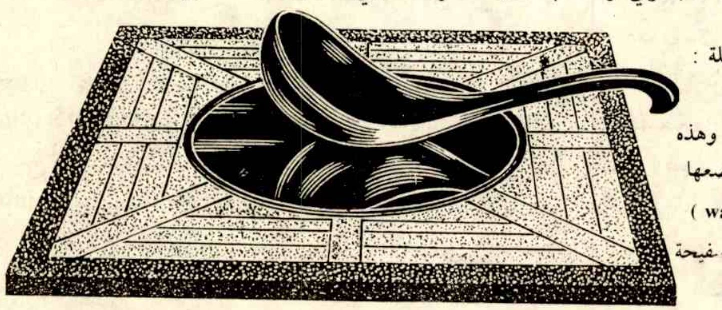
البـوصلة ـ يجب التفتيش عن اصـل البـوصلة في تقنيات التنبؤ وعلم الضـرب بـالـرمـل (Géomancie)، وتقوم على ادارة ملعقة لمعرفة الاتجاه الذي تقف عنده. والملاعق الصينية لها ذنب قصـير وتقف متوازنـة. انها تصنع من المغنيتيت (اوكسيـد الحديـد الممغنط)، وتدور حـول صفيحة

مصقولة من البرونز . وقد ذكرت ملعقة تدل على الجنوب في لوين هنغ (Louen heng) لسنة + 38 ورسمت فوق حجر ناتىء في متحف زوريخ تعود الى + 114 (صورة 38) . وذكرت بوصلات ذات ابرة معلقة ، أو عائمة أو متمحورة من القرن التاسع حتى القرن 12 ، واستعملت في وضع الخرائط الأرضية . ويظهر ان ضاربي الرمل عند فو ـ كين (Fou- Kien) هم الذين نقلوا البوصلة الى البحارة .

في سنة 1125 أشير الى استعمال بوصلة ذات ابرة عائمة اثناء الرحلة البحرية الى كياو Houa Chou de T'an K'iao ، المؤلف سنة 940 ؛ وهناك اربعة انواع من العدسات قد ذكرت. وعرف الموظف الكبير والمهندس شن كوا Chen Koua، الذي كان يعيش ايام آل سونغ Song، الغرفة المظلمة والبوصلات ، وعرف كيف يصنع مغناطيساً اصطناعياً وذلك بتبريد قضيب صغير من الفولاذ متجهاً باتجاه الشمال ـ الجنوب . وعرف ايضاً معنى المتحجرات وطلب استخدام البترول من اجل توفير الخشب للمحروقات وبالتالي تفادي تعرية الغابات . ولكن، بشكل خاص نلاحظ تقدم المعارف في مجال التاريخ الطبيعي من خلال الكتب الصيدلانية .

الكيمياء والبوتانيك ـ في سنة 808 ظهر معجم الخيمياء وفيه 335 مادة وضعه مي بياو Mei Piao . وعلى العموم، كانت هذه الكتب تتضمن بآنٍ واحدٍ المواد النباتية والحيوانية وشبه المعدنية . واتاح تطور المطبعة والحفر على الخشب ظهور كتب مزينة بالصور وفيها العديد من النباتات ، منذ القرن الحادي عشر . وفي كتب النباتات ، « بن تساو » Pen Ts'ao زاد عدد الانواع الموصوفة ودقة الاوصاف حتى نهاية القرن السادس عشر . ونشر لي تشي تشن Li Che–Tchen» يومئذٍ كتابه « بن تساو كانغ مو »Pen Ts'ao Kang Mou وفيه 142 رسمة ، وتضمن وصف 1074 نبتة ، و443 مادة حيوانية و217 مادة شبه معدنية .

الطب ـ برز تأثير الطب الهندي محسوساً بفضل ادخال نظرية العناصر الاربعة : وهي الهواء والماء والارض والنار. ونجد هذه النظرية في « الكتاب العام للاسباب وللمؤشرات الدالة على الامراض » للمؤلف تشاو يون فانغ(Tch'ao Yuen – Fang) الذي ظهر سنة 610 والذي تضمن الاوصاف الاولى الاكيدة للجدري والحصبة ، والطاعون الدبيلي، والزُحار العصوي (الحار) والزُحار



صورة رقم 38 ـ اصل البوصلة : ملعقة من المغنيت ترتكز على صفيحة من البرونز اللماع . وهذه الرسيمة مشتقة من نسخة وضعها وانغ تشن تو (wang tchen to) (والحروف المرسومة على الصفيحة لم تصور) .

الاميبي (البارد). ويشير لاول مرة الى الكوليرا، وقدم تفصيلات عن الجذام وعن الكساح (الخرع). وعدد بالاجمال 1720 مرضاً صنفت ضمن 67 قسماً . وفي سنة 652 ذكر الكتاب المعنون (الادوية الذهبية الثمانية) لاول مرة وفي فصول منفصلة الامراض الخاصة بالنساء والاطفال واشار الى وجوب معالجة مرض الباري باري بحبوب آذان الجدي (جنس من النباتات العشبية المعمرة) واوراق شجرة التوت، وبزر المشمس. اما الكساح فيعالج بالرخويات : المحار ذو الصدف : كليماجابونيكا، اما الجهر او العمى النهاري فيعالج بكبد الخاروف، ومرض الاوديما او الاستسقاء الموضعي فيعالج بالامتناع عن الملح، ومرض الملاريا فيعالج باوريكساجابونيكا، والزحار البكتيري بكوبتي جابونيكا. ويذكر ايضاً 617 دواء . ويوجد كتاب طبي حُفِرَ على حجر سنة 574، حتى الآن في لونغ مان في هونان. اما كتاب « الاسرار الطبية » لمؤلفه وانغ تاو (Wang T'ao) فهو مجموعة تتضمن دراسة عن طب العيون من اصل هندي، حيث اشير فيه الى عملية الكتاراكت او السيلان العيني.

وفي عصر آل سونغ عادت النظرية الطبية الى العوامل الخمسة والى النسمات الستة كي K'i المرتبطة بالدورة الستينية، والى النظريات القديمة. ويجب التذكر بان الطب اعتبر دائماً في الصين كخدمة عامة وكانت الوصفات (كودكس) تنشر من قبل الحكومة؛ وهكذا قامت لجنة بين 982 و992 بجمع كتاب « شنغ هوي فانغ »(Cheng Houei Fang) الذي يتضمن 16 834 وصفة . ومُنع تصدير الكتب الطبية سنة 1006 و1078 ولكن ذكر أن 26 سفارة من العالم العربي جلبت الادوية والوصفات. وكانت الفحوصات تنظم ايضاً من قبل الحكومة. وكانت مواضيع الفحص تتضمن في سنة 1191 أسئلة من هذا النوع : « ما هي المسافة بين الاسنان والشفاه ؟ هل هناك ثلاثة اصابع بين الزلعوم والاسنان؟

وان نحن درسنا تأريخياً المعطيات الرئيسية التاريخية حول الطب في تلك الحقبة نجد ان عمل اللجنة الامبراطورية بدأ سنة 973 بنشرة مزادة حول كتاب الاعشاب (بن تشاو) (Pen Ts'ao) من ايام مُلك كي باو(K'ai Pao) . وفي سنة 982 ، اشير الى معالجة البواسير بالزرنيخ ، وفي سنة 1057 صدرت طبعة جديدة لكتاب الاعشاب. واخيراً في سنة 1061، اجريت استقصاءات محلية ، وجمع سوسونغ (Sou Song) كتاباً جديداً مزيناً بالصور عن النباتات باسم توكنغ بن تساو(Tou King Pen Tsuo) . وفي سنة 1110 صدر كتاب وصفات جديد (كودكس) للصيادلة وفيه 795وصفة ؛ وفي سنة 1116 وضعت مراجعة جديدة لكتاب الاعشاب لتساو هياوتشونغ (Ts'ao Hiao — Tchong) . وهناك كتاب متخصص في طب الاطفال نشر من قبل تسيان يي (Ts'ien Yi) ولا يشير الا الى ستة أنواع من النبض . وفي سنة 1134 ظهر كتاب تضمن اكثر من 3000وصفة . وفي سنة 1150صدر كتاب جديد للاطفال وضعه ثلاثة مؤلفين . وفي سنة 1174 صدر (ملحق حول الحميات لكويونغ (Kou Yong) وفيه ميز بين الجدري والحماق (جدري الماء) ، والحصبة والحميراء واهتم بصورة خاصة بالتشخيص التفاضلي ؛ وفي سنة 1196 ، صدر معالجة قرحات الظهر من قبل لي سيون (Li Siun) . وفي سنة 1216 ظهر كتاب ممتاز من قِبَل انتقد نظرية اصل الامراض بالسخونة والبرودة ، واشار الى ان الحصاف (البرص الايطالي) يعزى الى نقص في الغذاء . وصدر كتاب عن امراض النساء ، سنة 1237 ، وتضمن خمسة فصول عن علم القبالة وثلاثة فصول عن امراض النساء .

واخيراً في سنة 1247 ظهر اول كتاب عن الطب الشرعي لمؤلفه سونغ تسن (Song Ts'en) مع لوحات تشريحية ، ومجلدان عن انواع الموت وثلاثة عن السموم واربعة عن الاعراض المرضية .

ونشير ايضاً الى انه في سنة 1241 صدر كتاب كبير وتضمن 33 خطاً بيانياً ترمز الى مختلف المظاهر. وقد ترجم هذا الكتاب الى اللغة العربية .

وفي الحقبة التالية تراجع الطب قليلاً . وفي ايام ملوك آل منغ (Ming) وجدت مدارس طبية متنوعة ولكن لم يظهر تقدم في المعارف ولا في النظريات . نشير فقط الى ظهور معالجة الجُذام بالشول - موغرا (Chaul moogra) في القرن الرابع عشر . واخيراً في سنة 1596نشر لي شي تشن (Li Che — Tchen) كتابه الشهير عن الاعشاب (بن تساو كونغ مو Pen Ts'ao Kang Mou) وقد تكلمنا عنه سابقاً .

الخلاصة

ان تطور الفكر والعلم الصينيين استمر، بخلال القرون الوسطى متبعاً الوجهة التي سار عليها هذان الفكر والعلم منذ عصر آل هان Han . وادخلت التأثيرات الاجنبية : دخول البوذية ثم المانوية والمسيحية النسطورية فروقات لم تكن معروفة لدى الصينيين ، حملتهم على تفسير تصورهم للعالم ، كما رأينا ذلك عند البحث في الكونفوشيين الجدد من عصر عائلة آل سونغ Song .

هذه التصورات تبدو لنا حالياً اكثر صواباً من التصورات التي سادت اوروبا في ذات الحقبة . إلا أنه في آخر تلك الحقبة نشأ في اوروبا العلم الحديث مع كوبرنيك (Copernic) وباكون (Bacon) وغاليلي (Galilée) .

إن بارود المدفع ، والبوصلة ، والمطبعة ، التي يعزى اليها في اوروبا ، دور حاسم في الانتقال من القرون الوسطى الى الازمنة الحديثة ، كانت موجودة في ذلك الوقت ، في الصين التي ابتكرتها ، قبل عدة قرون من انتشارها في اوروبا . ولا يمكن حل هذه المفارقة الا بعد تفحص المجتمع الصيني وحكومته عن قرب . من الناحية النظرية انه مجتمع زراعي يحكم فيه ملايين الفلاحين من قبل سوسيولوجيين مأخوذين بالفحص والمسابقة . وبالنسبة الى هؤلاء السوسيولوجيين ، يبدو المجتمع المحكوم بهم كجهاز مستقل ، او كحقيقة موضوعية لها نظامها العفوي في التسيير . ومهمة هؤلاء السوسيولوجيين الاساسية منع الاضطراب في المسيرة ؛ ومنذ كونفوشيوش (Confucius) عرف في الصين ان آفات المجتمع ، هي المصلحة الشخصية (سو Sseu) ، والـ (لي Li) وروح المزاحمة (كنغ King وجي آنغ وكو « كاك ») . وبالفعل ان الانتاج التجاري ونمو الطبقة المدكنتيلية هما اللذان جلبا الاضطراب . ومكنا من تغيير هذا المجتمع بشكل غير متوقع . وكل السياسة الداخلية كانت تقوم على قمع الانتاج التجاري منذ عصر آل هان Han ، عندما أممت الملاحات ومناجم الملح حتى القرن الخامس عشر حيث منعت سلالة آل منغ Ming الرحلات البحرية ، التي أصبحت ممكنة بفضل نوعية العمارات البحرية واختراع الدفة أو حاملة السكان والبوصلة .

من الناحية العملية ظل المجتمع الصيني متنوعاً، وحال طول الدراسات الضرورية لمواجهة

المسابقات الى تخصيص الوصول الى الادارة بالطبقات الاجتماعية الميسورة: اصحاب المداخيل الارضية، الملاكون الكبار. ولكن عندما افتقر الفلاحون الصغار بدت ثورتهم شرعية منذ ان اشار مانسيوس (Mencius) الى ان كل خلل اجتماعي إنما يصدر عن حكومة فاسدة . وقام عصيان فلاحي وجلب معه اسرة حاكمة جديدة وادارة جديدة .

وفي اوروبا بالعكس، حيث كان تراث الانتاج التجاري في المدن اليونانية مستمراً ، افاد هذا الانتاج في تقدم التقنيات التي جاء اكثرها من الصين من اجل المساعدة على نمو المدن البرجوازية في ايطاليا وفي اوروبا الغربية . وارتكزت حكومات الحق الالهي على هذه القوى الاجتماعية الجديدة ولم تؤد الثورات الشعبية العصيانية الى قلب هذه الانماط من الحكومات في حين ان بعض المدن نجحت من خلالها (البلدان المنخفضة وانكلترا) .

ويبدو من وجهة نظر نشأة العلم وتطوره ان التفاوت في الانتاج الزراعي كان له تأثير مهم جداً . فمن جهة، حيث نما هذا الانتاج ادت ممارسة التجارة والتداول النقدي الى معالجة قيمة البضائع رياضياً ، وهي اي القيمة فئة مجردة وشاملة ، تقوَّم بالنقود ؛ وبالفعل ، في الصين، ورغم بعض النمو المصرفي ، ورغم اختراع ورق العملة فإن الضرائب واجار الاراضي كلها كانت دائمة تُدفع عينياً . ولكن اذا كان الصينيون قد اعتادوا الدقة في القياسات فيما يتعلق بالاشياء المحددة فإن مفاهيمهم السابقة على العلم كانت بطبيعتها نوعية وقليلة القبول للقياس والكيل. مثلاً صرح بانه من غير الممكن قياس الهزات الارضية بواسطة سيسموغراف (مقياس الهزات الارضية) الذي اخترع في الصين في القرن الثاني لأن هذه الاحداث تنتج عن تصادم غير متوقع بين الين واليونغ (Ying Yang).

وهناك نتيجة ثابتة لنمو هذا الانتاج وهي زيادة المدن وتزايد حجم وزخم العلاقات الاجتماعية ويبدو ان هذه العلاقات لم تكن تشبه ما عرفناه نحن في اوروبا منذ القرن السابع عشر مثلاً : من الملاحظ انه في ايام ملوك آل سونغ ، وكانت المطبعة معروفة ، ان الرياضيين الثلاثة الكبار المعاصرين لم يكونوا يعرف بعضهم بعضاً ، وكان لكل منهم معلميه المختلفين ، وانهم استعملوا طرقاً مختلفة في الترقيم وانه بعد قرنين جُهلت اعمالهم تماماً . وانه في اواخر القرن الثامن عشر والقرن التاسع عشر قام العلماء بنبش هذه الاعمال. ومن الملاحظ ايضاً ان اكتشاف السلم الملطف قد تم بفضل عالم صيني، تشوتسي يو (Tchou Tsai – Yu) وطُبع في الصين سنة 1594 ولكنه لم يطبق ابداً في الصين .

وفي اوروبا عرف هذا الاكتشاف من قبل مرسيم Merseme سنة 1636 دون ان يعرف مخترعه رغم العثور على حساباته في الاوراق غير المنشورة العائدة لسيمون ستيفن (1548– 1620) وقد انتشر بعد ذلك بسرعة كبيرة .

أما مجمل الانتاج الصيني المطبوع فيتعلق بصورة اساسية بالفنون وبالتقنيات وبما فيها الطب والسياسة. وما نسميه اليوم العلم، كان في الواقع غارقاً فيها اي ضائعاً . ونحن نعرف انه حتى في الحقبة التي كانت المطبعة فيها معروفة ، لم تصلنا اعمالٌ كثيرة . وهذا يفسر بطء وضعف تقدم المعرفة العلمية في الصين .

ويبدو انه ابتداءً من القرون الوسطى اصبح المجتمع الصيني ضخماً جداً ، بالنسبة الى زخم العلاقات الاجتماعية ، وهذا يفسر ايضاً استيلاء القبائل البدوية المجاورة من المغول عليها ثم قبائل المانشو التي شكلت طبقة عسكرية وحكومية ؛ انه نمط من المجتمع يمكن ان نصفه بالاقطاعي . فرض نفسه على النظام البيروقراطي واقام في الشرق الاقصى في الوقت الذي انهار فيه الاقطاع في العالم الغربي .

وبعد حساب كل شيء وقبل عصر النهضة في اوروبا وقبل ظهور المجتمعات ذات النمط الجديد : الامم الرأسمالية حيث ارتدى التطور العلمي شكل تصاعدية جيومترية أُسِّية ، كانت الصين رغم ذلك المنطقة الوحيدة من العالم حيث اجتمع بآن واحد اقصى المعارف الصحيحة علمياً ، حول تفاصيل الطبيعة ، والنظرة الاصوب حول مجمل هذه الطبيعة .

المراجع

Outre les ouvrages signalés page 199, nous avons sur cette période :

J. Gernet, *La vie quotidienne en Chine à la veille de l'invasion mongole*, Paris, 1959.

K. Yabuuchi, The development of the sciences in China from the 4th to the end of the 12th century, *Cahiers d'histoire mondiale*, vol. IV, 1, pp. 330-347, 1957.

E. H. Shafer, *The golden peach of Samarkand, a study of T'ang exotics*, Univ. Cal. Press, 1963.

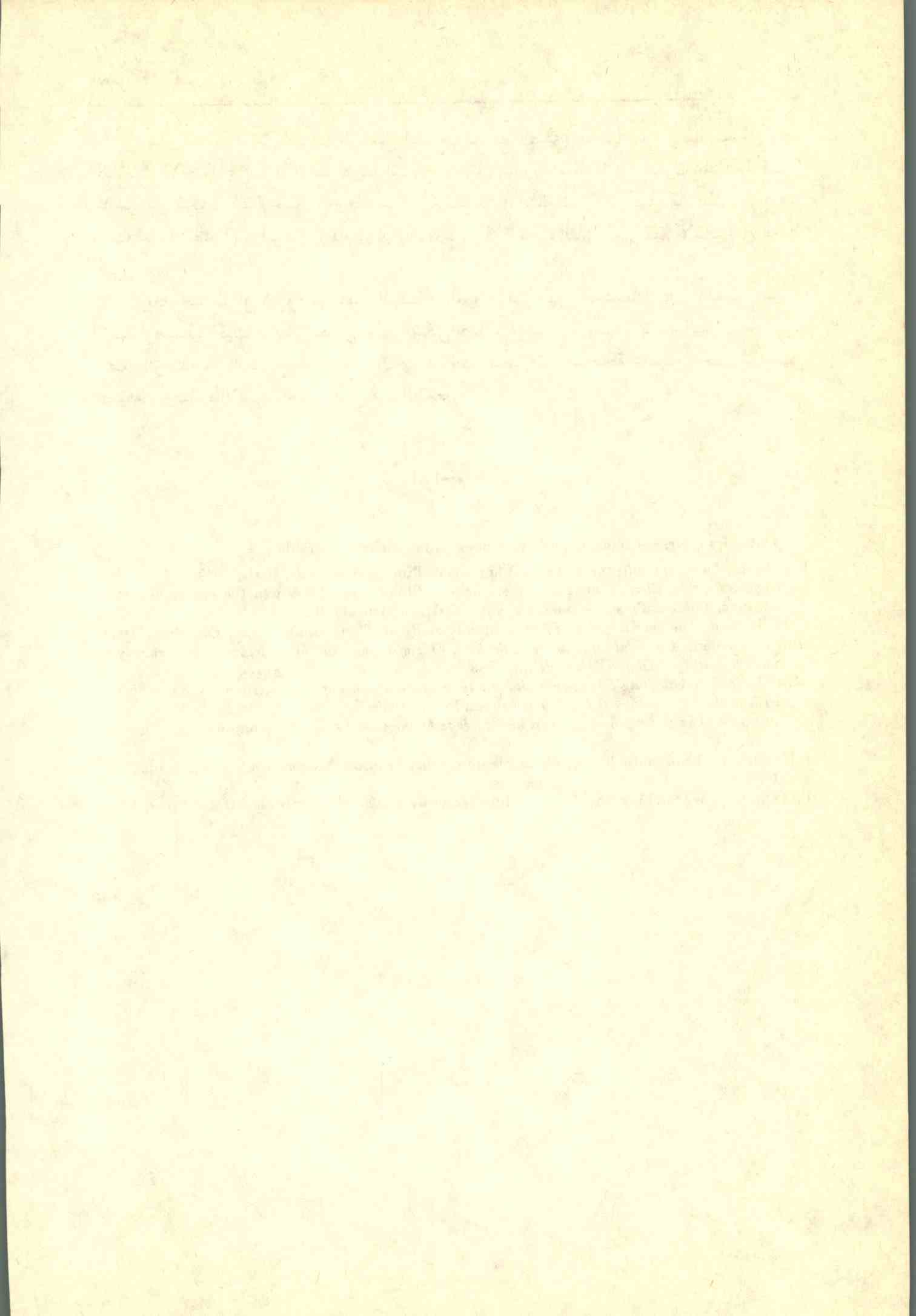
Shih Sheng-han, *A preliminary survey of the book Ch'i-min-yao-shu, an agricultural encyclopedy of the 6th century*, Science Press, Pékin, 1958.

Shih Sheng-han, *On Fang Sheng-chih shu, an agriculturistic book of China written by Fang Shêng-chih in the first century B.C.*, Science Press, Pékin, 1955.

J. Needham, *The development of Iron and Steel technology in China*, Newcommen Soc., London. 1958.

J. Needham, The prenatal history of the Steam-engine, *Transac. Newcommen Soc.*, v. 35, pp. 3-58, 1962-63.

J. Needham, Wang Ling and D. J. Price, *Heavenly clockwork*, Cambridge Univ. Press, 1960.



الفصل الخامس
العلم البيزنطي

الحضارة البيزنطية: منذ القرن السادس حتى منتصف القرن الخامس عشر ظل التراث الهليني محفوظاً بفضل الحضارة البيزنطية. وخلال تسعة قرون حدثت فيها سلسلة من الحروب والفتوحات امنت بيزنطة فعلاً بقاء الثقافة اليونانية الكلاسيكية. ويمكن تقسيم هذه الحقبة إلى ثلاثة أقسام:

1 ـ نشأة وتطور الحركة البيزنطية (330 — 565).

اسس قسطنطين الكبير القسطنطينية Le Constantinop او بيزنطة في 11 ايار 330. فأصبحت هذه المدينة عاصمة امبراطورية، ندبت نفسها في بادىء الامر كمكملة للتراث الروماني، ثم اصبحت بعد 395 امبراطورية الشرق المتميزة عن امبراطورية الغرب. وفي ما بين 330 و518، تفادت القسطنطينية هجمة البرابرة (ويزيغوث Wisigoths، الهونز Huns، والاستروغوث Ostrogoths).

ولحظت ملكية جوستينيان Justinien (518 — 565) البداية الحقة للحضارة البيزنطية وشهدت نهضة للفنون والآداب، ولكن هذا الامبراطور اعتبر نفسه رومانياً وحرر غالبية كتبه (قانون جوستينيان Justinien) باللاتينية. وفي اوجها، امتدت امبراطوريته حول البحر المتوسط (جنوب اسبانيا، ايطاليا، البلقان، آسيا الصغرى، سورية، فلسطين، قسم من مصر، وشاطىء افريقيا الشمالي).

2 - الحروب الكبرى: ثبات الامبراطورية (565 — 1025)

انتصر هرقل Héraclius (610 — 641) على الفرس وحاول أن يوحد الملكية، التي كانت حتى ذلك الحين امبراطورية رومانية، فاصبحت بعد ذلك «امبراطورية بيزنطية خالصة تتمحور قواها حول القسطنطينية» (ش. ديهل. Ch. Diehl). ولكن القرن السابع الذي يتطابق في الداخل مع تنظيم امبراطورية يونانية في الشرق، وفي الخارج مع نهضة الإسلام وبدايات الفتح العربي، كانت حقبة قاتمة في تاريخ بيزنطة. وفي هذه الحقبة، استعملت بيزنطة ضد العرب ولأول مرة سلاحاً رهيباً هو النار اليونانية. وشهد القرن الثامن حكم الأباطرة الايقونيين الذين حاربوا عبادة الصور وتجاوزات الرهبان. وهذه

الخصومات الدينية ادت ، سنة 867 إلى قيام أول انفصال ، بين كنيسة الشرق وكنيسة الغرب، واصبح الانفصال نهائياً سنة 1054 .

وبلغت اسرة المكدونيين (القرن التاسع ـ القرن الحادي عشر) ذروة الامبراطورية . وفي ظل اباطرة مثل ليون Léon السادس الحكيم ، وقسطنطين بورفير Constantin Porphyrogénète وباسيل الثاني Basile . وقسطنطين Constantin مونوماك Monomaque ، لمعت الحضارة البيزنطية باجلى بهائها .

3 - تراخي ثم تراجع الامبراطورية (1025 — 1453)

ادى موت باسيل الثاني سنة 1025 الى بداية تقهقر بيزنطة . وفي ايام حكم آل دوكاس Doucas (1059 — 1081) ، وحصلت حيرة وتردد في السياسة الخارجية البيزنطية ، ساعدت على الهزيمة التي فرضها سنة 1071 الاتراك السلجوقيون في منتزيكيا ، وكانوا اقوياء جداً في آسيا الصغرى يومئذٍ .

وفي ايام حكم الكسي كومنين Alexis Comnène (1081 — 1118) كان على بيزنطة ان تدافع عن نفسها ضد النورمان وضد البشنغ وضد البلغار . وضعفت تجارتها بسبب تفوق البندقية .

وكانت في ما بعد الحروب الصليبية التي اجهزت على بندقية الشرق : واذا كانت الحملات الثلاث الأولى لم تؤذها كثيراً ، بفضل الدوبلوماسية التي بذلها الامبراطور الكسي Alexis الأول ، ومانويل Manuel الأول ، واسحاق آنج Isaac Ange الذين استطاعوا تحويل جيوش الصليبيين الى آسيا الصغرى فقد اختلف الامر في الحملة الرابعة التي حولت عن غايتها اي الاستيلاء على اورشليم ، فادت الى الاستيلاء على القسطنطينية ونهبها في 13 نيسان سنة 1204 . واختير بودوان ديفلندر Baudouin De Flandre امبراطوراً لاتينياً ، واستمرت الاسرة اليونانية من آل لاسكاريس Lascaris تؤمن في نيسي ، في آسيا الصغرى ، حكم السلالة البيزنطية . وبعد موت تيودور Théodore الثاني لاسكاريس Lascaris خلفه ميشال باليولوغ Michel Paléologue باسم ميشال Michel الثامن ، واسترجع القسطنطينية من اللاتين سنة 1261 .

وبعد ذلك اخذت بيزنطة تتراجع ، وتضاءلت اراضي الامبراطورية بصورة تدريجية تحت هجمات الترك ، الى درجة انها اقتصرت في بداية القرن الخامس عشر على القسطنطينية وضاحيتها . وكانت المعونات المطلوبة من الغرب لا تأتي ، فلم يستطع اليونانيون مقاومة الضغط التركي ، وفي 29 ايار سنة 1453 سقطت القسطنطينية بيد محمد الثاني .

تلك هي بصورة موجزة خلاصة تاريخ الامبراطورية البيزنطية وبخلال هذه الحقب المختلفة وبصورة خاصة ايام جوستينيان Justinien ، وآل باليولوغ Paléologues ، اشتهر علماء لم تكن كتبهم قليلة الاهمية . ولكن قبل تفحص المساهمات العلمية عند البيزنطين يجب توضيح كيفية تعليم العلوم في امبراطورية الشرق .

تعليم العلوم : لحق تعليم العلوم المحضة (الحساب ، والهندسة والموسيقى النظرية وعلم الفلك وهي تشكل الرباعية ، تعليم البيان . ويجب اضافة الفيزياء اليها (وتتضمن التاريخ الطبيعي ، والفيزياء والكيمياء) والطب .

تأسست اول جامعة في القسطنطينية من قبل قسطنطين سنة 330 ثم اعيد تنظيمها وكبرت سنة 425 بموجب ارادة ملكية من قبل تيودوز الثاني Théodose II . وخارج العاصمة ، كانت هناك جامعات في انطاكية والاسكندرية وبيروت وغزة واثينا . وامر جوستينيان Justinien باغلاق جامعة اثينا سنة 529 بسبب ميولها الافلاطونية الجديدة ، واضطر جميع الاساتذة يومئذ الى ان يكونوا مسيحيين[1] . وفي ايام هرقل Héraclius ، ظلت جامعة القسطنطينية موجودة . وعلم فيها اتيان Etienne الاسكندري الفلسفة والرباعية .

ومن القرن 7 الى القرن 9 ، كانت حقبة ظلام في تاريخ التعليم في بيزنطة ، وبعد ذلك تماماً تحت سيطرة الكنيسة . وفي بداية القرن التاسع اعاد تيوفيل Théophile التعليم الرسمي ، ولكن اعادة تنظيم الجامعة لم تتم إلا سنة 836 على يد برداس Bardas؛ وعلمت فيها، مع الميادين الأخرى الجيومتريا وعلم الفلك، واسند Bardas ادارتها إلى ليون Léon الرياضي . وفي ايام باسيل الثاني Basile II ، ربما الغيت هذه المؤسسة، فاضطر علماء امثال بيزيلو Psellos إلى الدراسة على يد معلمين خصوصيين.

وفي سنة 1045 اسس قسطنطين التاسع مدرسة حقوق وكلية فلسفة وعين بزيلو Psellos مديراً لها ؛ وكان تعليمها موسوعياً فشمل الكوسموغرافيا ، والجيومتريا والموسيقى النظرية وعلوم اخرى . وهذا الوضع استمر حتى الاستيلاء على القسطنطينية سنة 1204 .

واثناء الاحتلال اللاتيني التجأ علماء مثل نيسيفور بليميدس Nicéphore Blemmydès الى بلاط نيسي Niceé المهجر حيث استمروا يعلمون دون ان تكون هناك جامعة منظمة .

وفي ايام آل باليولوغ Paléologues ، وبعد سقوط الامبراطورية اللاتينية ، نظمت الجامعة الامبراطورية ،من قبل أندرونيك الثاني Andronic II ، ووضعت تحت سلطة لوغوتيت Logothète الذي كان تيودور ميتوشيت Théodore Métochite . وفي ايام مانويل Manuel II الثاني (1391 — 1425) ، تلقى التنظيم الجامعي تغييرات : فتمركزت التعاليم في نفس المبنى وارتدت الدراسات الطبية اهمية بالغة .

وندرس الآن بتفصيل اكبر مساهمة للبيزنطيين في مختلف العلوم المحضة والطبيعية والطبية .

---

(1) بعض هؤلاء العلماء التجأ الى فارس في جند شابور (اليوم شاه آباد) حيث اقام في ظل ملوك فارس مثقفو النسطوريين (تلامذة الاسقف نسطور الذي حكم عليه بالهرتقة في مجمع ايفيز سنة 431) بعد اقفال مدرستهم في ايديسا من قبل الامبراطور زينون سنة 489 . راجع في فصل سابق : جندي شابور وبغداد ص 462 - 463

I ـ العلوم المحضة

كانت الدراسة في بيزنطة تعتبر دراسة العلوم المحضة والتي تدخل في اطار الرباعية كتمرين ذهني يساعد على دراسة الفلسفة .

وفي بداية امبراطورية الشرق (القرن الرابع والخامس) ظلت الاسكندرية العاصمة العلمية حيث اشتهر رياضيون وفلكيون أمثال بروكلوس Proclus (410 — 485) وماران Marin (اواخر القرن الخامس) وسامبليسيوس Simplicius (بداية القرن السادس) وقد شرحوا اقليدس وارسطو . وفي نفس الحقبة شرح جان فيلوبون Jean Philopon كتاب الحساب لنيكوماك Nicomaque Gérasa الجيرازي ، وكتب مطولاً حول الاسترولاب . وكان لهذا العالم آراء اصيلة في الفيزياء وفي الميكانيك ، وكان ينازع في افكار ارسطو حول حركة الاجسام ، وكان يستبق بشكل غامض مفهوم الجمود . (راجع ص 498) .

وكانت الافكار الكوسموغرافية عند كوسماس Cosmas انديكو بليستيس Indicopleustès ، وهو راهب ورحالة كتب سنة 547 « توبوغرافيا مسيحية » ، أفكاراً ساذجة . فهو يرى ان الارض هي متوازي الاضلاع محاطة بجدران فوق رؤوسها قبب مقوسة لتشكل القبة السماوية . وفي الوسط يوجد جبل عال تغيب الشمس وراءه كل مساء . وتدل هذه النظريات الخيالية على تردي العلم اليوناني يومئذٍ وعلى تراجعه بالنسبة الى نظريات بطليموس . ويذكر ان كوسماس كان اول الكتّاب الذين تكلموا عن الصين .

اما فسيفساء ماداب Madaba التي هي اقدم خارطة جغرافية معروفة ، فتمثل بصورة بدائية طبوغرافيا فلسطين مع الاشارة الى المدن الرئيسية . وقد نفذت هذه الخارطة بين 520 و 550 .

وعلى كل في القرن السادس ، يشار الى الروعة التي صمم بها المهندسون المعماريون كنيسة سانت صوفيا في القسطنطينية : واستعمل ايزودور الميلي Isidore de Milet وانتيموس الترالي Anthé-mios de Tralles, الرياضيات لغايات عملية . ولدينا عن هذا الأخير ، وهو شقيق الطبيب اسكندر ترالي Alexandre de Tralles ، اجزاء من كتاب حول المرايا المحرقة . وهناك عالم آخر هو اتوكيوس العسقلاني Eutokios D'Ascalon ، الذي كتب شروحات حول مختلف كتابات ارخميدس ، وحول مطول المخروطات لابولونيوس .

وكتب دومنينوس Domninos من لاريسا Larissa ، الذي عاش في نفس الحقبة كتاباً في الحساب . ووضع اتيان الاسكندري وهو معاصر لهرقل شرحاً لكتاب ارسطو epi épumveios وكتاباً فلكياً ـ ويعود تاريخ بابيروس Papyrus الحساب لاخميم Akhmim ، وهو آخر مظهر من مظاهر الرياضيات المصرية ، ومهم جداً لتطبيق الاعداد عند البيزنطيين الى القرن السابع او الثامن ، في حين ان كتاب الجيوديزيا لهيرون الصغير « المساح المجهول البيزنطي » كتب سنة 938 . وهناك شهادات من القرن العاشر تخبرنا ان البيزنطيين في تلك الحقبة صنعوا اجهزة مائية مختلفة وآلات اوتوماتيكية استوحي مبدأها من آلات هيرون Héron الاسكندري العبقرية

وكان ميشال بسلوس Michel Psellos (1018 ، حوالي 1078) متعدد اللغات ، ورجل دولة وفيلسوفاً ومؤرخاً . وكان اول المساعدين في نهضة الافلاطونية الحديثة ، في النصف الثاني من القرن الحادي عشر . فاليه يعود الفضل ، زيادة على الكتب المهمة التي تحتوي على الجمع وعلى شروحات كتاب الحساب لديوفانت Diophante ، بكتبٍ قليلة الاصالة حول الموسيقى النظرية ، والجيومتريا (شرح اقليدس) وعلم الفلك والطب .

وفي القرن الثاني عشر ، شجع الامبراطور مانا ويل Manuel الدراسات الرياضية بهدف تنجيمي . في هذه الاثناء كتب جان تزتزي Jan Tzetzés كتباً في علم الفلك .

وفي ايام آل باليولوغ Paléologues (القرن 13 — 15) حدثت نهضة علمية في الرياضيات وعلم الفلك ، خاصة تحت التأثير الشرقي الذي كشف للبيزنطيين بعض النتائج المعروفة من يونانيي العصور القديمة ، عن طريق مترجمات الكتب العربية والفارسية . ويمكن ان نذكر بين هذه الاخيرة شمس الدين من بخارى » ، نشر سنة 1322 ، وكتب علم الفلك الفارسي ترجمهُ الطبيبان غرغوار شيونيادس Grégoire Chioniadès ، وجورج كريزوكوكس Georges Chrysococcès والراهب اسحاق ارجيروس Isaac Argyros .

وكان اكبر مفكر في القرن الثامن عشر جورج باشيمير Georges Pachymère (1242 ـ حوالي 1310) . وهو مفكر موسوعي ، كتب مطولا في الرباعية التي يضم قسمها الاول حاشية عن كتاب ديوفانت Diophante الأول ، ومقتطفات من اقليدس Euclide ونيكوماك Nicomaque . واستطاع باشيمير Pachymère الذي عرف الارقام الهندية ان يحل بعض المسائل غير المحددة من الدرجة الأولى، وكان واحداً من الأوائل بهذا الشأن. وابدى ملاحظاته حول سلم آناتوليوس Anatolius (وهو مختلف عن سلم ديوفانت Diopphante) وحول قاعدة فيثاغور Pythagore. وهذا الكتاب، وان بدا غير أصيل إلا انه يدل على المستوى العالي نوعاً ما في تعليم الرياضيات ايام أوائل الباليولوغيين Paléolo-gues.

واشهر الرياضيين البيزنطيين من القرن الرابع عشر هم مكسيم بلانود Maxime Planude ومانويل موشو بولس Manuel Moscho Poulos ونيقولا رابداس Nicolas Rhabdas .

كتب بلانود Planude قبل 1310 شرحا لكتابي ديوفنت Diophante الأولين وفيه ظهر الصفر لأول مرة في بيزنطة ، مع الارقام التسعة المأخوذة عن الهنود . ويقول تانيري Tannery ان انتشار الارقام « العربية » في القسطنطينية ناتج عن قيام العلاقات بين اللاتين والبيزنطيين ، بعد سنة 1204 . وشرح الانساني مانا ويل موشوبولس Manuel Moscho Poulos الذي عاش في ظل اندرونيك الثاني Andronic II -(1282 — 1328) عدة مؤلفين كلاسيكيين ، وكتب أول مطول معروف في الغرب حول المربعات السحرية، وهي مسألة اوحيت إليه فيما يبدو بفعل التراث الهندي. وكتب رابداس Rhabdas حوالى 1341 كتابين يشكلان النص الحسابي الوحيد البيزنطي الأصيل نوعاً ما. وفيه يتكلم، فيما يتكلم،

عن استعمال الترقيم الحروفي اليوناني الموسع ليشمل الاعداد الكبرى ، والحساب العددي . ونجد فيه أيضاً التقريب $\frac{a + r}{2 a}$ للمعادلة $\sqrt{a^2 + r}$ ودراسة القاعدة الثلاثية وثماني عشرة مسألة غير منشورة .

ولا يبدو رابداس Rhabdas متأثراً بالحساب الهندي العربي ، واستمر يطبق التحليلات المصرية للاعداد الكسرية الاعدادية .

وعاش الراهب الكلابري Calabrais (بلد في ايطاليا) بارلام Barlaam (مات حوالي 1350) واسمه الحقيقي برناردو السميناري Bernardo de Seminara ، مدة طويلة في القسطنطينية ، وكتب باليونانية لوجيستيكا في ستة اجزاء عالج فيها العديد من المسائل الرياضية . وكان على اطلاع تام بالطريقة الهيرونية حول تقريب الجذور التربيعية .

وكتب نيسيفور بليميدس، Nicéphore Blemmydès، الذي عاش في نيسي اثناء احتلال القسطنطينية من قبل اللاتين، في سنة 1241 قصيدة فلكية أهداها إلى الامبراطور جان الثالث فاتازس Vatazés ، ومطول عن «السماء والأرض والشمس والقمر والزمن والايام».

وكتب تيودور ميتوشيت Théodore Métochite (ت 1332) وهو فيلسوف وفلكي شرحاً لبطليموس . وقد سعى الى الفلك عن طريق دراسة الموسيقى النظرية ، وكان له الفضل الكبير في معارضة علم التنجيم الذي كان منتشراً جداً يومئذٍ . ويذكر بهذا الشأن ان الكتابات التنجيمية كانت منتشرة جداً في الشرق . ودرس نيسيفور كريكورس Nicéphore Grégoras ، وهو مفكر موسوعي وتلميذ ميتوشيت Métochite الكسوف ، واستطاع سنة 1330 ان يعلن عن كسوفين حدثا في الوقت المحدد . وكتب ايضاً كتباً عن الاسترلاب ، يعالج احدها الاسقاط السطحي للمنحنيات الكروية كما اهتم بالموسيقى النظرية (نقاش حول المسافات الموسيقية) وقام ببحوث تتعلق بتحديد تاريخ اعياد الفصح .

اما الراهب اسحاق ارجيروس Isaac Argyros ، وهو رياضي وعالم فلكي ، وتيولوجي ، فكان تلميذاً لغريغوراس Grégoras . وكتب كتباً في علم الفلك مأخوذة عن مصادر فارسية ، بصورة رئيسية ، وشروحات لاقليدس وبطليموس ، وكتب جيوديزيا نقلها عن هيرون الاسكندري Héron D'alexandrie ، وشروحات حول الطبعة التي نفذها رابداس Rhabdas عن حساب بلانود Planude ، ومطولاً حول استخراج الجذور التربيعية ، وجدولاً بجذور الاعداد من 1 الى 102 ، معبراً عنها بالارقام الكسرية الستينية وكتب تيودور ميليتيوت Théodore Mèlitèniote وهو اسقف ومدير الاكاديمية الاسقفية في القسطنطينية (حوالي 1360 — 1388) - سنة 1361 ، مطولاً في علم الفلك مرتكزاً على بطليموس وعلى تيون Théon وعلى كتب فارسية . واخيراً حرر كريزو كوكسس Chrysococcés الذي كان مقيماً في تريبيزوند Trébizonde حوالي 1335 — 1346 كتاباً حول علم الفلك الفارسي .

وستنتج مع ل. بريي L. Bréhier ان « النظريات السليمة عند ميتوشيت Métochite قد

انتصرت ، ولكن علم الفلك البيزنطي لم يستطع الخروج من اطار بطليموس ، وكذلك الغرب قبل غاليلي » .

وفي مجال الموسيقى النظرية نذكر مانويل بريان Manuel Bryenne الذي عاش ايام ميشال التاسع الباليولوغي Paléologue بين 1295 و1320 ، فكتب مطولاً في الموسيقى في ثلاث مجلدات ، وهو مجموعة غير انتقادية لمؤلفين قدماء .

ومن بين العديد من المخطوطات الرياضية والفلكية من اواخر القرن الرابع عشر وبداية القرن الخامس عشر لا يوجد شيء مهم يستحق الذكر غير كتابين في الحساب نشرها ج. ل. هيبرغ G.L. Heiberg وهـ. هونجر H. Hunger، وك. فوجل K. Vogel . واهتم الانساني جيمست بليتون Gémiste Pléthon (مات سنة 1452) بالعلوم كثيراً . وفي كتابه المطول حول الروزنامة اقترح اصلاحاً مرتكزاً على وضع روزنامة علمية قمرية شمسية . وكان بالنسبة الى عصره صاحب اطلاع جغرافي جيد . وكان يومن بكروية الأرض ورفض العديد من الاساطير والخرافات وساهم كثيراً في نشر اعمال سترابون Strabon الذي لم يعرف له في الغرب اي مخطوط قبل القرن الخامس عشر .

II ـ العلوم الفيزيائية والطبيعة : الطب

الخيمياء والكيمياء: لعبت الخيمياء وهي من أصل شرقي، دوراً كبيراً عند الرومان وعند اليونان ابتداء من القرن الثالث من عصرنا. وقد أُوِّلت دراسة، زوسيم Zosime من بانوبوليس Panopolis (بداية القرن الرابع). وغيرها من الكتب الخيميائية، ونشرت في بيزنطة. ومند القرن السادس، انتقلت الخيمياء اليونانية إلى السوريين، ومنهم إلى العرب، ثم امتدت إلى أوروبا العربية.

وسنداً لبرتيلو Berthelot، كانت غالبية المخطوطات اليونانية المتعلقة بالخيمياء تمثل مجموعة من البحوث المحررة في القسطنطينية في القرن الثامن والقرن التاسع . ويوجد ايضاً عدد مهم من الكتابات الخيميائية البيزنطية التي تعود في تاريخها الى القرن العاشر . وقد كتب موسوعيون من امثال بسلوس Psellos (حوالي 1040) وبليميدس Blemmydès عن تحويل المعادن الى ذهب .

ويرى ستيفانيدس Stéphanidès ان كل هذه الكتب متأثرة بالمؤلفين الاسكندرانيين ، وتشكل « الشيميتيك » . اما اسم الخيمياء فيجب ان يطلق فقط على المؤلفات العربية . وهذه النظرة قابلة للنقاش . ان اهم فوائد المخطوطات الخيميائية البيزنطية هي اننا نرى فيها الكثير من الرسوم لآلات واجهزة (مثل الاذ والغلايات وحمام ـ مريم ، الخ) وكلها تعود الى تراث قديم جداً .

ولكن فيما خص الأسلحة الكيماوية تكونت في بيزنطة معارف علمية مهمة ؛ فالنار اليونانية استعملت منذ 876 ، عند انتصار قسطنطين بوغونات Constantin Pogonat على العرب . وقد حسن سوري اسمه كالينيكوس Callinicos هذه النار الحربية، فاستعملت فيها بعد عدة مرات في حصار القسطنطينية المتكرر . والمؤرخون يعزون إليها دوراً لا يُستهان به في حماية امبراطورية الشرق . فهذا السائل السريع الاشتعال كان يقذف على العدو بواسطة عدة وسائل ، وكان يتألف من مزيج من النفط

والصمغ او الكبريت (راجع ج بارتينغتون J. Partington). ولدينا كتاب مؤرخ بين 1250 و1300 حول مختلف التركيبات النارية البيزنطية ومنها النار اليونانية. وكان التعدين في بيزنطة يتسم بطابع العلم الخفي المرتبط بالخيمياء. اما الكتابات حول منافع احجار بسلوس Psellos ونيلوس Nelios ودياسورينوس Diassorinos (القرن الرابع عشر) فليس لها إلا فائدة تاريخية.

علم النبات: وكما هو الحال بالنسبة الى اوروبا الوسيطية، لم تدرس العلوم الطبيعية بصورة جدية في بيزنطة. اما الاشارات الى النباتات في الأدب البيزنطي فموجودة بشكل خاص في مؤلفات طبية أو زراعية، وقد فكر ف. برونت F.Brunet بهذا الشأن ما يلي: « حتى القرن السادس عالج كتاب امبراطورية الشرق بحوثاً خاصة في علم النبات المطبق على الطب مثل كتب كراتيفاس Cratévas، وبلين القديم، وديوسكوريد Dioscoride، وكتب التاريخ الطبيعي اليونانية الرومانية ثم كتب الاعشاب المصرية، كما نظروا في اساتذة مدرسة الاسكندرية الذين جربوا مفاعيل بعض النباتات على المرضى وعلى العبيد وعلى المحكومين بالاعدام».

واستمر هذا التراث حتى سقوط القسطنطينية، ولهذا نجد العديد من النباتات الطبية مذكورة في كتابات الاسكندر الترالي (نسبة الى ترالس Tralles)، وسيمون سيث Syméon Seth، وهيروفيل Hiérophile، وجان Jean واكتوير Actuaire، ونقولا ميريبسوس Nicolas Myrepsos (الذي ذكر منها حوالي 370 نوعاً).

ويوجد فضلاً عن ذلك عدد كبير من المعجميات البيزنطية حول النباتات الطبية. واغلب هذه المعجميات مغفلة من اسم المؤلف، باستثناء واحدة منها تنسب الى الراهب نيوفيتوس برودرومينوس Néophytos Prodroménos (القرن الرابع عشر). ولكن كل هذه الكتب قلما هي غير جداول باسماء النباتات، والمساهمة ذات القيمة البسيطة والعلمية حقاً، بالنسبة الى البيزنطيين، في مجال علم النبات، هي الصورة المدهشة التي رسمها فنانون من القرن السادس لكتاب ديوسكوريد Dioscoride (كودكس انيسيا جوليانا Codex d'Anicia Juliana، المحرر في القسطنطينية والمزين فيها سنة 512).

ونشير ايضاً الى ان كوسماس انديكوبلستس Cosmas Indico Pleustés قد وصف النباتات الشرقية ومن بينها الفلفلة والقرنفلة. وأخيراً في كتاب كيوبونيكا Géoponica، وهي مجموعة مقتطفات من مؤلفين قديمين متعلقة بالزراعة، وضعت أيام قسطنطين بورفيلرو جينيت Constantin Porphyrogénéte، وربما بين 944 و959، فنجد مقاطع اصيلة تتعلق بزراعة الكرمة والزيتون ومختلف الخضروات والاشجار المثمرة.

علم الحيوان: لم تكن دراسة الحيوانات مزدهرة في بيزنطة، وهناك القليل من النصوص البيزنطية المتعلقة بعلم الحيوان الخالص. وحوالي سنة 500 كتب تيموتي الغزاوي Timothée De Gaza كتاباً عن الحيوانات، وهو مجرد تجميع خال من كل حس انتقادي، مقتبس عن مؤلفين سابقين (ارسطو، اوبيان الأبامي Oppien D'apamée، وايليان Elien).

وفي الكتاب الحادي عشر من « طوبوغرافيا مسيحية » يصف كوسماس انديكو بلستس Cosmas Indicopleustès بنوع من الموضوعية ، حيوانات الحبشة والهند وسيلان (رينو سيروس Rhinocéros ، فاكوشير Phacochère ، الزرافة ، الياك Yak وغيرها من الفقريات) . وحرر البيزنطيون مجموعات عديدة حول تاريخ الحيوان لارسطو . واهم هذه المجموعات ، مجموعتان وضعتا ايام قسطنطين بورفيروجينيت Porphyrogénète (القرن العاشر) وقسطنطين التاسع مونوماك Monomaque (القرن 11) . واخيراً وصف مانويل فيلس Manuel Philès (1275 — 1345) الاسماك والطيور ومختلف ذوات الاربع في كتاب شعري ، وحرر قصيدتين عن دودة القز .

وتوجد معطيات اكثر فيما يتعلق بعلم الحيوان التطبيقي : في ايام قسطنطين (حول 553 — 554) عرفت دودة القز وتربيتها في القسطنطينية بفضل راهبين عائدين من الشرق الاقصى .

وفي كتاب جيوبونيكا Gooponica المذكور ، نجد اشارات عدة الى الحيوانات الخطرة بالنسبة الى النباتات المغروسة والى تربية النحل والى تقنية تربية الحيوانات ، في حين ان بعض الاطباء امثال (ايتيوس Aetios ، واسكندر الترالي Alexandre de Tralles ، وبيباغومينوسPépagoménos ، وجان لاكتوير Jean L'Actuaire (الخبير في المحاسبة) اشاروا الى حيوانات سامة والى طفيليات في الانسان والحيوان .

وكان حب الصيد في القرون الوسطى ، وخاصة في القرن 12 حتى القرن 14 مستشرياً في بيزنطة حيث كان الصيادون يستعينون بالحيوانات (مثل الصقر والباشق والكلاب والفهود) لقتل مختلف اللبونات (الارانب والثعالب والغزلان والخنازير والدببة الخ) . وفي عدة كتب عن تربية الصقور والصيد نجد معلومات دقيقة احياناً حول علم الحيوانات وسلوكها ، سواء كانت حيوانات صائدة ام مصيدة . ونذكر مثلاً الطبيب بيباغومينوس Pépagomènos (القرن الثالث عشر) وهو مؤلف كتاب عن الصقور ، وربما كتاب عن الكلاب .

وفي القرن الرابع عشر انتشرت كتب ادبية حول موضوع الحيوانات في القسطنطينية . واستخدمت الكتب الدينية مثل كتاب فيزيولوغوس الكثير الانتشار ، التشبيهات الحيوانية للتعبير عن الرموز المسيحية ، مستلهمة كتب اباء الكنيسة (سان سيريل Saint Cyrille سان باسيل Saint Basile) ، ومختلف واضعي القصائد حول خلق العالم (هيكساميرون Hexaéméron) ، واشارت ايضاً الى الحيوانات مرتكزةً في اغلب الاحيان على ارسطو . واخيراً ، وكما هو الحال بالنسبة الى النباتات ، بدت بعض الرسوم الحيوانية التي وضعها فنانون بيزنطيون ، شديدة الامانة ، بمقدار ما هي غير مزوقة بتأثير من الفن الساساني . ونجد من ذلك ايضاً في مخطوطات بيزنطية من القرن العاشر حول « المادة الطبية الديوسكوريد Dioscoride » .

الطب: لقد توضحت مصادر الطب البيزنطي من قبل ف. برونت F.Brunet: انها بالدرجة الأولى كتب المؤلفين الكلاسيكيين (هيبوقراط Hippocrate، وسيلس Celse، وروفوس Rufus، وآريتي Arétée، وسورانوس Soranus، وغاليان Galien) ثم كتب اطباء مدرسة الاسكندرية.

وحتى تاريخ سقوط هذه المدينة بيد العرب سنة 640 كان الممارسون اليونانيون يدرسون فيها مختلف فروع الطب (التشريح ، الفيزيولوجيا ، الباتولوجيا وعلم الصحة الخ) وكانوا يعتمدون النظريات الارسطية والافلاطونية الحديثة ، ونظريات المزاجيين والنسميين والمنهجيين ، مفضلين عليها التجريبية والانتقائية . وقد وصف و. تمكين O. Temkin حديثاً ، الطب البيزنطي بما يلي : تراث وتجريبية . وبعد نهاية مدرسة الاسكندرية ، التفت اليونان نحو علم الاعراض ونحو التشخيص والمعالجة بالغذاء والدواء والوقاية بهما .

وكانت العقيدة المسيحية ايضاً ذات تأثير كبير على الطب . ويمكن التذكير بالدور الكبير الذي لعبه القديسون الشفاة . واخيراً ، وكما هو الحال بالنسبة الى الفروع الاخرى في المعرفة العلمية برز تأثير المدارس الشرقية (السورية والارمنية والعربية والفارسية) على الطب البيزنطي .

وكان اول طبيب كبير في امبراطورية الشرق هو اوريباز Oribas ، الذي سبق ودرسناه . ولد اتيوس الآميدي Aetios D'Amida في ميزوبوتاميا في اواخر القرن الخامس ، ودرس في الاسكندرية واصبح طبيباً في بلاط جوستينيان Justinien . وبرأي بعض المؤلفين كان اول طبيب يوناني ارتد الى المسيحية . وكان مؤلفه الرئيسي موسوعة من 16 كتاباً جمع فيها اهم المقتطفات من اعمال سابقيه .

ونجد فيه المحاولات الاولى لتحديد مواضع الامراض العصبية في الدماغ سنداً لارشيجين Archigène ولبوسيدونيوس ، Posidonius ، ودراسة حول طب العين متطورة نوعاً ما (الكتاب 7) ومعالجة مطولة للامراض التوليدية (النسائية) (الكتاب 16) . وفيه اشارة إلى نوع العملية لسرطان الثدي سنداً لليونيدس . ونجد فيه ايضاً بعض الممارسات اللاعملية ، مثل الدعوات إلى الله وإلى القديسين للشفاء من بعض الامراض .

وكان الكسندر الترالي Tralles . معاصراً ايضاً لجوستينيان ، وقد الف مطولاً طبياً في 12 كتاباً ، كان له انتشار واسع . وفيه غالباً شذرات من تجربة شخصية وسمح لنفسه بانتقاد عدة اراء لهيبوقراط ولغاليان Galien . وتتعلق المقاطع المهمة جداً في عمله بامراض الجهاز العصبي ، والمجاري الصوتية (ووصف جيداً ذات الجنب Pleuresie ومعالجتها) وللجهاز الهضمي ، والنقطة . وفي « رسالة حول دود الامعاء » استطاع ان يميز بين الرئيسية منها ، ولمداواتها نصح بادوية فعالة جداً .

يقول ف. برونيت F. Brunet الذي ترجم الى الفرنسية عمل الاسكندر الترالي Tralles : « كان حسه العيادي ، حس الطبيب الممارس ، الذي يحب الوضوح والنظام والمنطق ، ولا شيء عنده فوق التجربة والوضوح القاطع للاحداث . والنظرية في نظره يجب ان تتأيد بالوقائع . ولم يكن مجمعاً ، بل ممارساً وزن قلة جدوى الجمل عند سرير المريض » .

وعلى الرغم من هذه الميزات الدامغة ، فقد كان ايضاً يؤخذ باوهام عصره ، فكان يصف التعاويذ واستخدام الاحراز ، انما فقط عندما تفشل الادوية العادية .

وفي ايام حكم جوستينان وقع سنة 542 وباء الطاعون الدبيلي (الدملي) الرهيب . وقد وصف

اعراضه المؤرخ بروكوب Procope ، حوالي سنة 560 (دمامل في القضيب ، وتحت الابط ووراء الاذن) ، وقد اخطأ كاستيغليوني Castiglioni حين عزا الى هذا الوباء تراجع الحضارة البيزنطية ، التي سوف تظل ذات بهاء طيلة عدة قرون .

ودرس بول ديجين Paul D'Egine ، الذي عاش في النصف الأول من القرن السابع ، في الاسكندرية . ومن مؤلفاته التي ترجمت باكراً الى العربية ، لم يبق الا مطول في الطب من سبع مجلدات ، اهمها السادس ، المتعلق بالجراحة .

« وفيه نجد اشارات تعطينا فكرة واضحة جداً عن التقدم الحاصل في الجراحة ، منذ عصر سلس ، وتدلنا ، على الرغم من المعارف التشريحية الضعيفة ، كيف ان المهارة التقنية لجراحي تلك الحقبة قد توصلت الى درجة تسجيل نجاحات بارزة في عمليات دقيقة وصعبة » (آ . كاستيغليوني A.Castiglioni) .

وزيادة على المعلومات الواضحة نوعاً ما حول السرطان ، دعا بول ديجين Paul D'Égine الى استعمال الكي في معالجة خراج الكبد واجاد في وصف استخراج حصاة المثانة ، واسلوبه في عملية فتق الحالب ظل كلاسيكياً حتى نهاية القرن 17 . واذا كان قد استلهم هيبوقراط كثيرا وغاليان ، فان تجربته الشخصية سمحت له احيانا بان يشكك في اراء سابقيْه الشهيرين .

ودائماً في القرن السابع ، حرَّر معاصر للامبراطور هرقل Héraclius ، هو تيوفيل Théophile بروتسباثير Protosdpathaire وتلميذه اتيان الأثيني Etienne d'Athénes ، مجموعات من أعمال طبيه سابقة ، في حين أن جان واتيان Jean Etienne الأسكندريين شرحا هيبوقراط وغاليان . وفي ايام الأمبراطور تيوفيل Théophile (829 — 842)) كتب ليون Léon الملقب (ياتروسوفيست Iatrosophiste) موسوعه طبية . ومنذ ذلك الحين أخذ تأثير العرب يظهر في الطب البيزنطي . والى القرن العاشر ، وهي حقبة كان غناها النسبي بالكتب العلمية يعكس تأثير الأمبراطور قسطنطين بروفيروجينيت Porphyrogènète ، يعود تاريخ الموسوعة الطبية التي وضعها تيوفان نونوس Théophane Nonnos الذي ارتكز على (أورıباز Oribase) وهاجم الخرافات في عصره .

وفي القرن الحادي عشر كتب سيميون سيث Symèon Seth طبيب الامبراطور ميشال السابع دوكاس Doucas كتيباً عن خصائص الاطعمة حيث أشار فيه سنداً لغاليان الى الفضائل الطبية لمختلف النباتات والحيوانات وأشار الى بعض الادوية الجديدة من مصدر شرقي . وهناك مطول آخر حول الحمية او النظام الغذائي كتبه هيروفيل الصوفي Hiérophile Le Sophiste في منتصف القرن الثاني عشر .

وكان لا بد ، بعدها ، من انتظار القرن 13و 14 ، للعثور على مؤلفين طبيين لهم بعض الاهمية . كتب ديمتريوس بيباغومنوس Démétrios Pépagoménos ، بناء لامر ميشال الثامن Michel باليولوغ Paléologue ، كتاباً مهماً عن داء النقطة (النقرس) ، وحوالي نفس الحقبة (اواخر القرن 13) ، حرر نقولا ميربسوس Nicolas Myrepsos مطولاً من 28 فصلاً . وايام اندرونيك

3Andronic(1328 — 1341) كتب جان لاكتوير Jean L'Actuaire (المحاسب) مطولاً ممتازاً في الطب ، مأخوذاً عن غاليان وعن المعارف الطبية اليونانية والعربية اللاحقة . وكتب ايضاً مطولاً عن البول ، كاملاً تماماً بالنسبة الى عصره . وفي اواخر القرن 14 وبداية القرن 15 ، اصبح الادب الطبي البيزنطي فقيراً للغاية ، وهذا يتناقض مع النهضة التي ارتدتها في تلك الحقبة الدراسات الطبية والمستشفيات[1] .

الفن البيطري : ان اهم المؤلفات المتعلقة بالخيول اليونانية الرومانية جمعت في القرن التاسع والعاشر في مجموعات سميت «هيبياتريكا Hippiatrica. وفي القرن 13 درس الطبيب بيغومينوس Pépagoménos أمراض الصقور والكلاب في مؤلفات خصصها لهذه الحيوانات . ونجد اشارات مشابهة في مطولات متعددة مغفلة حول سياسة الصقور تعود إلى نفس الحقبة .

الصيدلية : لم يترك البيزنطيون كتباً في الصيدلة ، مهمة ، وقد ورد ذكر الأدوية في الكتب الطبية ، ومعظمها مأخوذ عن « المؤلفات الطبية » ومنها « المادة الطبية » لمؤلفين هلنستيين ، وبخاصة ديوسكوريد Dioscoride ، واسكليبياد Asclépiade البيثيني Bithynieوروفوس الايفيزي Rufus d'Ephèse .

ذكر الكسندر الترالي Tralles ، ـ الذي يعتبر ، ف . برونت F.Brunet ، مؤلفه ، اول مطول عيادي حول معالجة امراض النبات (فيتوترابي Phytothérapie) ، ـ عدداً كبيراً من الادوية النباتية ، وبصورة عرضية ، من الادوية الحيوانية وشبه المعدنية . وهو يذكر باستعمال الكولشيك (السورنجان = نبتة بصلية) في معالجة النقرس ، ويعود الفضل فيه الى جاك بسيكرست Jacques Le Psychreste ، صديق وامين الامبراطور ليون Léon الأول (457 — 474) . اما نظام الادوية فقد عولج بالتفصيل في كتب سيميون سيث Syméon Seth ، ونقولا ميربسوس Nicolas Myrepsos وغيرهم من الاطباء الآخرين . وفي آخر الامبراطورية اليونانية في الشرق (القرن 14 — 15) ، تضيف بعض الكتب الشعبية الطبية والصيدلانية والتى انتشرت بقوة في القسطنطينية ، الى الادوية المأخوذة عن المؤلفين الاقدمين ، وهي وصفات ومقومات تدخل في الصيدلانية المتعددة وغير المعقولة . ولعبت بيزنطة دوراً مهماً في تاريخ الصيدلة ، لأن الكتب الطبية البيزنطية ترجمت الى العربية واللاتينية ، فأمنت انتشار الادوية المذكورة فيها ، نحو الشرق والغرب . من ذلك ان كتاب نقولا ميريبسوس Nicolas Myrepsos ظلّ حتى سنة 1651 المرجع الصيدلاني في كلية الطب في باريس .

الخلاصة : لا جدل ان الكتابات التقنية البيزنطية تدل على فقر كبير في الاستلهام ، وليست إلا مجرد تجميعات من كتب قديمة يونانية او هلنستية او مجرد شروحات ادنى مستوى من المؤلفات الاصيلة . ومن اهم الاسباب في هذا الفقر العلمي هو التبعية الكلية للكنيسة ، وردة الفعل العنيفة تجاه النظريات الافلاطونية والافلاطونية الحديثة . هذا الموقف الفكري اعطى للبيزنطيين حباً قوياً للتجريد ، وهذا

---

(1) يبدو أن الخدمات الاستشفائية كانت متطورة جداً في بيزنطة منذ القرن 6 ـ ومن أهم المستشفيات كان مستشفى بانتوقراطور Pantocrator المؤسس في القرن 7 ايام جان كومنين Jean Comnène . وكان فيها ايضاً مأوىً . وجذاميات وغيرها من المؤسسات الخيرية (راجع آ. فيليبسبورن ، A.Philipsborn ، 1961) .

يفسر الاهمية المعطاة للعلوم الرياضية . ولكن الغرابة هي ان المؤلفات والانجازات العلمية ، لم تكن مهمولة (مجموعات زراعية وبيطرية ، وتنظيمات استشفائية ، والنار اليونانية الخ) .

ومع ذلك يجب وضع العلم البيزنطي في بعده التاريخي ، وعدم تناسي ان الامبراطورية اليونانية في الشرق احتفظت بالنور الخافت لمشعل الهلنستية في حين كان الغرب ، في مجمله ، غارقاً في ظلمات اشد ظلاماً .

وبصورة اساسية ، في القرن 6 ، وفي ايام جوستينيان Justinien ، وفي القرن العاشر ، في ايام قسطنطين بورفيروجنيت Porphyrogétète وفي القرن 14 في ظل آل باليولوغ Paleologues ، لوحظ وجود نشاط كبير فكري في بيزنطة ، نشاط بذله بشكل خاص ، المتعددو الالسنة من ذوي الفكر الموسوعي ، امثال بسيلوس Psellos وباشيمير Pachymère ، وميتوشيت Métochite وغريغوراس Grégoras . ورغم الجو التيولوجي ، امتاز هؤلاء الرجال بانهم ادركوا القيمة العظيمة الفلسفية والعلمية لمؤلفات اجدادهم العظام ، افلاطون وارسطو واقليدس وبطليموس ، وحاولوا ان يحتفظوا ، وان امكن ، ان يدخلوا في اذهان معاصريهم ، فكرة البحث الخالد الذي ميز الهلنستية .

وامتاز العلماء البيزنطيون بالاحتفاظ بالكثير من الكتب اليونانية والشرقية التي كانت تستنسخ بصورة منهجية ، وتشرح ، ويعلق عليها ، وتترجم وحتى تزين بالرسوم .

وهكذا ساهموا في نشر العلم الهليني ، من جهة لدى السوريين والفرس والعرب ، بعد رحيل العلماء النسطوريين والافلاطونيين الجدد ، ومن جهة اخرى في الغرب ، مرة اولى اثناء الحروب الصليبية ، ومرة جديدة ، بعد سقوط القسطنطينية ، عندما التحق العلماء البيزنطيون بالغرب ومعهم كتبهم ومخطوطاتهم . وكان مجيء الكثيرين من هؤلاء العلماء الى ايطاليا ، يعتبر وبحق كعامل مهم في قيام عصر « النهضة » .

مراجع

M. Berthelot, *Introduction à l'étude de la chimie des Anciens et du Moyen Age*, Paris, 1938 (recomposition). — L. Bréhier, *La civilisation byzantine*, Paris, 1950. — F. Brunet, *Œuvres médicales d'Alexandre de Tralles*, 4 vol., Paris, 1933-35. — A. Delatte, Anecdota atheniensa et alia, II ; Textes grecs relatifs à l'Histoire des Sciences, *Bibl. Fac. Philo. Lettres Univ. Liège*, fasc. 88, 1939. — M. Destombes, Un astrolabe carolingien et l'origine de nos chiffres arabes, *Arch. Int. Hist. Sci.*, 58-59, 1962, pp. 3-45. — R. Guilland, *Essai sur Nicéphore Grégoras. L'homme et l'œuvre*, Paris, 1926. — J. L. Heiberg, Les sciences grecques et leur transmission, IIe Partie : L'œuvre de conservation des Byzantins et des Arabes, *Scientia*, 31, pp. 97-104, 1931. — P. Huard et J. Théodoridès, La médecine byzantine, *Concours médical*, 1959, pp. 4315-19, 4465-75. — H. Hunger, Von Wissenschaft und Kunst der frühen Palaiologenzeit, *Jahrb. österr. Byz. Ges.* 8, 1959, pp. 123-155. — H. Hunger et K. Vogel, Ein byzantinisches Rechenbuch des 15. Jahrunderts. 100 Aufgaben aus dem Codex Vindob. Phil. Gr. 65, *Österr. Akad. Wiss. Phil. Hist. Kl. Denks.* 78, 2, 1963, 127 p. — K. Krum-

BACHER, *Geschichte der Byzantinischen Literatur von Justinian bis zum Ende des Oströmischen Reiches (527-1453)*, Munich, 1897. — M. MERCIER, *Le feu grégeois ; les feux de guerre depuis l'Antiquité ; la poudre à canon*, Paris, 1952. — J. R. PARTINGTON, *A history of Greek Fire and gun-powder*, Cambridge, 1960. — A. PHILIPSBORN, Der Fortschritt in der Entwicklung des byzantinischen Krankenhauswesens, *Byz. Z.* 54, 1961, pp. 338-365. — G. K. POURNARO-POULOS, Συμβολή εἰς τὴν ἱστορίαν τῆς βυζαντινῆς ἰατρικῆς, Athènes, 1942. — B. SIMONIDE et J. THÉODORIDÈS, Réflexions sur la science byzantine, *Rev. Gén. Sciences*, t. 62, 1965, pp. 355-65. — M. STÉPHANIDÈS, Les savants byzantins et la science moderne. Renaissance et Byzance, *Archeion*, t. 14, 1932, pp. 492-96. — Symposium on the History of Byzantine Science, *Dumbarton Oaks Papers*, 6, 1962 (contributions de M. ANASTOS, H. A. WOLFSON, O. TEMKIN). — P. TANNERY, *Sciences exactes chez les Byzantins*, Paris, 1920. — *Quadrivium de Georges Pachymère* (Texte révisé et établi par E. STÉPHANOU, préface de V. LAURENT), Rome, 1940. — B. TATAKIS, La philosophie byzantine, in *Histoire de la Philosophie* de É. BRÉHIER, fasc. suppl. n° 2, Paris, 1949. — J. THÉODORIDÈS, Introduction à l'étude de la zoologie byzantine, *Actes VII*ᵉ *Congr. Int. Hist. Sciences*, pp. 601-9, 1953 ; Les animaux des jeux de l'Hippodrome et des ménageries impériales à Constantinople, *Byzantinoslavica*, 19, 1958, pp. 73-84 ; Remarques sur l'iconographie zoologique dans certains manuscrits médicaux byzantins et étude des miniatures zoologiques du *Codex Vaticanus graecus* 284, *Jahrb. Österr. Byz. Ges.* 10, 1961, pp. 21-29, 2 pl. h. t. ; L'Empire byzantin *in* : *Histoire Générale des Techniques*, t. I, pp. 374-388, Paris, 1962 ; Intérêt pour l'histoire de la zoologie de certaines fresques médiévales serbes, *Actes XII*ᵉ *Congrès Int. Études byzantines*, t. III, pp. 385-88, Belgrade, 1964. — M. H. THOMSON, *Textes grecs inédits relatifs aux plantes*, Paris, 1955. — L. THORNDIKE, Relations between Byzantine and Western Science and Pseudo-Science before 1350, *Janus*, 51, 1964, pp. 1-48. — K. VOGEL, Buchstabenrechnung und indische Ziffern in Byzanz, *Akt. XI. Int. Byz. Kongr.*, 1958, pp. 662-664 ; Der Anteil von Byzanz an Erhaltung und Weiterbildung der griechischen Mathematik, *Miscell. Mediaev.* (Köln), I, 1962, pp. 112-128. — W. WOLSKA, *La Topographie chrétienne de Cosmas Indicopleustès. Théologie et Science au VI*ᵉ *siècle*, Paris, 1962.

الفصل السادس

العلم عند السلافيين في القرون الوسطى

في مطلع القرون الوسطى ، انتشرت الشعوب السلافية بعيداً عن موطنها ، في حوض نهر الفستول ، والاودر والدنيبر حتى المحيط المتجمد الشمالي من جهة وحتى البحر الادرياتيكي والبحر الاسود من جهة اخرى . ورغم تحدرها من بؤرة عرقية مشتركة ، فقد شكلوا عدة امم مختلفة . وبعد قيام دول مستقلة ، دخلت هذه الشعوب ، في حوالي القرن 9 والقرن 10 على مسرح الحضارة الاوروبية . ولم يبدأ فن الكتابة عند السلاف Slaves الا عندما دخلوا في المسيحية . وظل الادب السلافي مرتبطاً جداً بالنشاط الديني . وكان للانشقاق بين الكنيسة الغربية اللاتينية والكنيسة الشرقية اليونانية معنىً عجيب بالنسبة الى الشعوب السلافية . لان هذا الانشقاق قسمها الى مجموعتين مختلفتين من الناحية الثقافية : المجموعة الأولى كاثوليكية والثانية ارثوذكسية . ووقع السلاف الغربيون (البولونيون ، والتشيكيون والسلوفاك) وقسم من سلاف الجنوب (كروات وسلوفين) تحت التأثير اللاتيني ، في حين ان سلاف الشرق (الروس) وغالبية السلاف الجنوبيين (الصرب والبلغار والمكدونيون) اعتمدوا الحضارة البيزنطية . واستعملت الكنيسة الارثوذكسية اللغات القومية في الخدمات الدينية ، مما ساعد على تكون اللغة القديمة السلافية الكنسية ، كما ساعد على نمو الاداب الدينية والعلمية في هذه اللغة .

كانت المخطوطات السلافية ذات الطابع العلمي تنتمي الى المجموعة الشرقية وكانت كلها تقريباً مكتوبة باللغة السيرلية . ولم تكن اللغة المسماة « السلافية القديمة » اللغة القديمة المشتركة بين كل السلافيين بل كانت اللغة المحكية لسكان ضواحي سالونيك في القرن 9 ، ودخلت في الطقوس الدينية على الاخوة قسطنطين (سيريل Cyrille) وميتود Méthode ، وهما رسولا السلاف . وبعد ابتكار الكتابة السلافية ، كانت الكتب الأولى المترجمة عن اليونانية هي : (الكتاب المقدس = بيبل) والكتب الطقوسية ، ثم تلتها النصوص الفلسفية او حتى العلمية . ونشأت اهم مدارس التراجمة في حوالي اواخر القرن التاسع ، في اوهريد في مكدونيا تحت حكم كلمان Clément ، تلميذ ميتود Méthode ، وفي برسلاف في بلاط الملك البلغاري سيميون Siméon (893 — 927) . وبعد بداية القرن الحادي عشر ، انتشر هذا الادب من بلغاريا الى روسيا ، حيث كانت المراكز العلمية الأولى كييف

ونوڤغورود . وكان امير كييف ، جاروسلاف Jaroslav الحكيم (978 — 1054) ، حامي العلم عند سلاف الشرق ، كما كان الامبراطور سيميون Siméon بالنسبة الى الادب السلافي في بلغاريا . وفي النصف الثاني من القرن 14 ، اصبحت موسكو ايضاً مركزاً سياسياً وثقافياً مهماً ، وكانت الاديرة مراكز التراث الادبي . ومن اجل نقل الادب البيزنطي ، لعبت الاديرة السلافية في جبل آتوس ، في اليونان دوراً من الدرجة الاولى . من ذلك ان شيلاندار التي بنيت سنة 1199 من قبل ملك الصرب نيمانيا ، بقيت طيلة قرون نوعاً من المدرسة العليا في صربيا .

وظل الادب العلمي للسلاف الغربيين ، طيلة القرون الوسطى ، يحرر باللاتينية . وظلّ التراث العلمي محفوظاً في الاديرة البندكتية وغيرها . ونذكر كمثل شهير بشكل خاص ديرستراهوف (براغ) ، الذي حوِّل حالياً الى مكتبة عامة ومركز للدراسات السلافية . وأقام البندكتيون منذ 582 في دلماسيا . وبعد 993 اسسوا اديرتهم في البلاد التشيكية ، وفي سنة 1008 استدعاهم الملك بولسلاس Boleslas الى بولونيا . وكانت المدن الدلماسية ، التي احتلها الكروات ، على اتصال دائم مع المراكز العلمية الايطالية ، مثل سالرن Salerne ، ومع المقامات العليا من الحضارة الاسلامية .

الجامعات : كانت أول جامعة فوق الأرض السلافية من تأسيس الامبراطور شارل Charles الرابع (1316 — 1378) في براغ ، سنة 1348 . ونظمت وفقاً لنموذج جامعة باريس ، وتضمنت اربع كليات ، منها كليتان ، كلية الفنون وكلية الطب ، تقدمان جزئياً تعليماً علمياً (خاصة الرياضيات والفلك) . وفي سنة 1364 اسس الملك كازيمير Casimir الكبير (1333 — 1370) جامعة في كراكوفيا ، وفي سنة 1400 ، اتخذت هذه ، بعد اصلاحها وتكبيرها من قبل لاديسلاس جاجلون ، اسم جامعة جاجلون . وارتبط التعليم العلمي في هذه المدرسة العليا ، بصورة رئيسية ، بكلية الطب ، التي لم تستقل الا في القرن 15 . وفي آخر هذا القرن . اصبحت كراكوفيا مركزاً دولياً للدراسات الفلكية ، ولكن هذه الاحداث ، لا تدخل في الحقبة ، التي نعالج في هذا الفصل والذي ينتهي بحوالي 1450 .

المجموعات الموسوعيه : ان الكتاب الأول باللغة السلافية المتضمن أجزاءاً، ذات اهمية علمية كان مجموعة سفياتوسلاف Sviatoslav، وهي موسوعة حول الثقافة البيزنطية المسيحية، ترجمت ووضعت في برسلاف في مطلع القرن 10. بناءً لامر من القيصر سيميون Siméon. وضاع الاصل البلغاري، ولكن بقيت النسخة التي استنسخت سنة 1073 بناءً لامر سفياتوسلاف Sviatoslav أمير كييف . وهناك مجموعة اخرى شبيهة استنسخت من جديد بامر من نفس الأمير سنة 1076.

والقسم الاكبر من نصوص المجموعة القديمة « ايزبورنيك » تتألف من اسئلة واجوبة على لسان انستاز السيناوي Anastase Le Sinaite . ونجد فيها ايضاً مقاطع من مؤلف بازيل Basile الكبير وغريغوار النيسي Grégoire De Nysse ، وفصلاً حول منطق تيودور الرثاوي Théodore De Raithou وغيرها من الكتب الاخرى . ورسمت صور صغيرة فخمة لمختلف الحيوانات ، مع رسوم ملونة للأزهار والنباتات . وبدت اجزاء من هذا الكتاب ذات فائدة خاصة فيما يتعلق بالرزنامة والكوسموغرافيا وعلم التنجيم ووصف علامات البروج ، ومختصر في علم الوقاية الصحية . وتعداد

للاحجار الكريمة مع الاشارة الى خصائصها السحرية وتفسيراً لنظرية العناصر الاربعة وبعض المفاهيم الفلسفية مثل المادة والكم والنوع .

وكان عند السلافيين الخاضعين للتأثير الغربي ، العمل الموسوعي الاكثر انتشاراً هو كتاب « اتيمولوجيا étymologies » لايزودور الاشبيلي Isidore De Séville (تقريباً 570 - 636) الذي عثر له على مخطوطات نفذها ناسخون سلافيون في القرن الحادي عشر حتى الـ 13 . وانتشرت موسوعة المانية اسمها « لوسيداريوس Lucidarius » ، دونت في القرن 12 من قبل مؤلف مجهول ، انتشرت عند التشيكين والكرواتين . وكان هذا المؤلف الساذج المنحى قد ترجم الى اللغات الوطنية لهذه الشعوب . وهناك معاجم علمية تشيكية تتناول مواضيع مختلفة مثل علم النبات والطب والفلسفة الخ من صنع البرتوس بوهيموس Albertus Bohemus (توفي 1258) وبارتولوموس كلاريتوس Bartholomeus Claretus (1379) .

الكوسموغرافيا الدينية : وبصورة مختصرة ، نستطيع القول انه حتى القرن 16 ، خضعت الآراء الكوسمولوجية عند السلاف الارثودكس ، لكتابات يوحنا الدمشقي Jean (749) Damascène ، وباسيل السيزاري Basile Césarée (329 — 378) في حين ان الآراء العائدة للسلافيين الكاثوليك قد تأثرت بآراء ارسطو الملتّن (latinisé) Aristote وبارا بطليموس Ptolémée (القرن الثاني) ، وتوما الاكويني Thomas D'Aquin (1225 — 1274) . وكان جاك اكسارك Jean L'Exarque البلغاري واحداً من اهم الكوسموغرافيين السلافين . وان هذا القس صاحب مقام الاسقفية الشرقية قد عاش في اواخر القرن التاسع والنصف الاول من القرن 10 ، وكان ينتمي الى مدرسة برسلاف الادبية . وترجم القسم الكوسمولوجي من كتاب « ينابيع المعرفة » ليوحنا الدمشقي Jean Damascéne . وحوالي سنة 915 ألف « شستودناف Chestodnev(او عمل الايام الستة) وهو شرح للكتاب الاول من « البيبل » حول خلق العالم .

واقدم مخطوطة محفوظة عن الشستودناف Chestodnev موجودة في موسكو . وقد نسخت في شيلندار Chilandar سنة 1263 من قبل النحوي الصربي تيودور Théodore نقلاً عن نص باللغة البلغارية . وقد استلهم هذا الكتاب الى حد بعيد كتاب الهكزاميرون لباسيل السيزاري Hexaèmér-on De Basile De Césarée . ولكنه تضمن مع ذلك عدة اقسام اصيلة نسبياً . وينقسم شستودناف Chestodnev للاسقف جان اكسارك Jean I'Exarque الى 6 فصول كل فصل ليوم من ايام الخلق . في الفصل الأول يبحث موضوع انفصال السماء عن الأرض وجوهر المادة . وبهذه المناسبة عرضت نظرية ارسطو عن العناصر . والفصل الثاني يعالج موضوع الماء ومختلف الظاهرات المناخية مثلاً تكون الامطار والثلوج والفصل الثالث يتكلم عن البحر والانهار وعن مختلف النباتات (وبخاصة النباتات الطبية ، والكرمة والاثمار) . وفي الفصل الرابع يجري الكلام عن ضخامة العالم وكماله ، وعن الاجرام السماوية ، وبخاصة القمر والشمس ، ثم الكواكب السمتية ، وعن المناطق المناخية . اما الفصل الخامس فمخصص للحيوانات والفصل السادس مخصص للانسان .

ومن بين المؤلفات الكوسمغرافية السلافية ذات المحتوى الرمزي ، الخيالي والصوفي تجب الاشارة الى ترجمة كتاب « توبوغرافيا مسيحية » والى بعض الاناجيل المزورة عن العهد القديم (و . فزيتفاري O;Vseitvari نيغا تجتي انيوها Knigatojni Enoha الخ) وتضمنت « التوبوغرافيا المسيحية » لكوسماس انديكوبلستس Cosmas Indicopleustès الذي وضع فيها الى جانب التصورات الفلكية الساذجة ذات الالهام البيبلي ، معلومات ذات قيمة عن الحيوانات كما تضمن وصفاً للبلاد الاجنبية . وسرعان ما ترجم الى اللغة السلافية القديمة ، ثم الى اللغة الروسية في زمن جاروسلاف Jaroslav اي على كل حال قبل القرن 13 وكان لهذا الكتاب « التوبوغرافيا المسيحية » تاثيرٌ محسوس على الادب السلافي القديم (خاصة سلاف الشرق) وهذا التاثير ناتج جزئياً عن جمال واناقة لغة الترجمة .

تراث الكوسمولوجيا الكلاسيكية : تعكس الكوسموغرافيا القديمة عند السلاف الشرقيين والجنوبيين ، بامانة حالة العلم البيزنطي الناشيء عن اندماج المعارف العلمية الكلاسيكية بالمفاهيم الدينية المسيحية . ويمكن تقسيم الدراسات الكوسموغرافية الموجودة في المخطوطات القديمة السلافية الى مجموعتين : في المجموعة الأولى يسيطر البحث التيولوجي والصوفي . وفي المجموعة الثانية تبدو السمة الرئيسية في الحفاظ على تراث الطبيعية اليونانية . ومجموعة الكتب الأولى رغم انتشارها الكبير ، مثل « طوبوغرافيا المسيحية » لا تمثل على الاطلاق اراء الوسط الثقافي ، سواء كان علمانياً او كهنوتياً . انها نظرة العالم الارسطي والبطليموسي ، نظرة قائمة في كتب المجموعة الثانية ، هي التي اعتمدت في اغلب الاحيان : ان الأرض لها شكل الكرة وهي منطقة قابلة للفساد ، وتقبع في وسط العالم غير القابل للفساد . من الناحية العلمية ، كان اكثر المؤلفين أهمية الذي ترجم في الادب الكوسموغرافي السلافي هو ميشيل بسلس Michel Psellos (1018 — 1078) وبواسطته انتشرت تعاليم ارسطو وافلاطون .

واكبر قسم من مخطوط سلافي عائد الى القرن الخامس عشر (ومحفوظ في المكتبة العامة في الفاتيكان) هو كتاب نستطيع ان نأخذه كمثل عن المفاهيم الكوسمولوجية في الأدب السلافي في القرون الوسطى ، وهو يتألف من اجزاء من اصل مطولين لبسيلوس : Psellos « الحلول الموجزة ، والعقيدة الشاملة » وقد نشرا تحت اسم « اجزاء من الكوسموغرافيا والجغرافيا الوسيطتين » بقلم س. نوفاكوفيتش S. Novakovitch (1884) . ويتضمن النص 46 جزءاً درست فيها على التوالي حدود العالم المنظور ، والأرض والمناطق السبعة المناخية ، والعناصر ، والكواكب (طبيعتها ، شكلها وحركتها ، وكذلك اصل بريقها) والشمس والقمر والكسوف والمذنبات (التي لم تكن تعتبر اجساماً سماوية حقة ، بل أبخرة مائية وناراً) وقوس قزح الخ . وفي « الاجزاء » كما في كل الكتابات الاخرى السلافية من نفس النوع ، لا يوجد فصل بين الظاهرات التي تنتمي الى الكرات الثلاث المختلفة في العالم : بل ان المعلومات الفلكية قد اندمجت فيها بشكل معقد جداً مع الميتيرولوجيا والجغرافيا الفيزيائية .

في القرن الخامس عشر ترجمت الى الروسية « الكوسموغرافيا » ، وهي كتاب مختصر كثير

الفائدة ، شرح فيه ميكانيك السماء عن طريق النظام المكتمل للكرات الوحيدة المركز الذي قال به ايدوكس Eudoxe الكنيدي . وعدد الكرات السماوية (الذي لا يتجاوز عادة في الكتب الشعبية السبع او التسع ، ولكنه عند ايدوكس Eudoxe 27) بلغ 78 في النسخة الروسية . وتتضمن الكوسموغرافيا معلومات صحيحة نوعاً ما حول فلك البروج وحول وقت بزوغ وغروب الكواكب السمتية . وفي نفس الكودكس او القانون « الكوسموغرافيا » حفظت الجداول الستة المتعلقة بمواقع القمر ومنازله ، معروضة في 6 صفحات او اجنحة ، ومن هنا التسمية « شتوكريل Chestokryl » (او الاجنحة الستة) ، من هذا الكتاب باللغة الروسية . والواقع ان الامر يتعلق بترجمة جداول الفلكي اليهودي عمانوئيل بولفيس التراسكوني Emmanuel Bonfils De Tarascon . في سنة 1442 ألّف الراهب نيكون Nicon القدسي من اجل هيلانة Hélène ابنة الامير لازار Lazare ، واحدى النساء الصربيات الاكثر ثقافة في القرون الوسطى ، مجموعة من المعلومات حول الايمان وحول مختلف الظاهرات الطبيعية وبصورة خاصة حول بنية الكون وحركات الكواكب .

وعند السلافيين الغربيين ، وعند قسم من السلافيين الجنوبيين تكونت المفاهيم الكوسموغرافية ، انطلاقاً من الترجمات اللاتينية لكتاب الميتيرولوجيا ومن كتاب السماء لارسطو ، ومن كتاب المجسطي لبطليموس وكذلك من كتاب سفاراموندي لجوانس ساكروبوسكو Sphaera Mundi De Joannes De Sacrobosco ، واستمرت من خلال نسخ هذه الكتب بشكل دقيق . وهذه المخطوطات استعملت كأساس لتعليم علم الفلك في جامعات براغ وكاركوفي . وفي براغ كان المعلم غالوس Gallus (هافل Havel) من ستراهوف Strahov ، راعي هذه المدينة وطبيب شارل الرابع هو اول استاذ لعلم الفلك . وبعده علم كريستان Kristan البراشاتيكي Prachatic (تقريباً 1364 — 1439) في هذا الكرسي ، وحرر عدة مطولات ذات استلهام بطليموسي . وفي بولونيا تمثل هذا التيار الفكري بواسطة مارتين كرول Martin Krol (او مارتينوس ركس Martinus Rex او مارتينوس بولونوس Martinus Polonus) من بريميسليا Premislia ومن قبل اندريا الكراكوفي Cracovie ، والاثنان مؤلفان كوسموغرافيان ينتميان لمنتصف القرن الخامس عشر .

والادب الفلكي الوسيطي عند السلافيين ، اذا اخذ في مجمله يبدو ايبيغونياً (نسبة الى ايبيغون) . ومع ذلك يمكن ان يعثر في الترجمات والاقتباسات السلافية للمؤلفات الاجنبية ، مدسوسات تتضمن ملاحظات اصيلة او هي انعكاس للمعتقدات السلافية من الحقبة الوثنية . ولكن المعتقدات القديمة حفظت بصورة افضل في التراث الشفهي .

علم التنجيم والتنبؤ : بدا العلم الوسيطي السلافي موسوماً بمعتقدات تنجيمية وبمختلف الاوهام الاخرى . واذا كان هذا المظهر للجهود العلمية القديمة مخيباً للامل ، فانه لا يمكن اغماض حقه من حيث اهميته التاريخية ، لقد تضمن العديد من المخطوطات السلافية توجيهات حول التنبوء بمجرى المرض ومصير الانسان سنداً لموقع الكواكب وغيرها من معطيات الروزنامة . وكانوا ايضاً يريدون التنبوء بالمستقبل بتأويل الرعد ، وتقبض بعض العضلات بشكل غير ارادي ، وكذلك الاحلام . اما ايام السعد وايام النحس فقد ورد

ذكرها في انجيل السمعاني، من القرن الحادي عشر وهو من اقدم المخطوطات السلافية المخطوطة . وتضمنت مجموعة سفاتوسلاف Sviatoslav قواعد التنبوء سنداً لعلامات الابراج . وعلى كل ، وفي بلغاريا ، منذ زمن الامبراطور سيميون Siméon ، ترجمت عن اليونانية « حوار سيزاريوس المزعوم » وهو مؤلف جذلي دحض فيه علم التنجيم بشكل قاطع . وهناك العديد من المسائل المتعلقة بعلم الفلك الفيزيائية والتاريخ الطبيعي ، (وبصورة خاصة علم النبات) وكلها شرحت ايضاً ، واحياناً بصورة غير ساذجة .

ورغم بعض التمنع الاصيل دخل علم النجوم بسهولة ، في الادب السلافي الشرقي ، وقبل بيسر اكبر نظراً لانطباقه على المعتقدات السلافية من الحقبة الوثنية . وقد وجد هذا العلم استقبالاً لا يقل ترحيباً لدى السلافيين الغربيين . وقد تحكم هذا العلم المزيف بقسم من القواعد المتعلقة بالحمية ، والمنتشرة في الاديرة . وقد جمع بآن واحد الاطباء والفلكيون وبعض العلماء التشيكيين والبولونيين هذين المجالين ، عن طرق علم التنجيم . نذكر كأمثلة غالوس الستراهوفي ، واندريا الكراكوفي Andreas De Cracovie Et Gallus De Strahov (ليبر Liber استرولوجي ، القرن الخامس عشر) . اما العالم الانساني البولوني مارتن بيليكا Martin Bylica من اولكوز Olkusz (تقريباً 1434 ـ 1493) فأدخل الممارسة التنجيمية المحدثة في هنغاريا وفي كرواسيا الشمالية . وانتشرت المعتقدات التنجيمية بصورة أكبر وأسرع في المدن الدلماسية . وارتبط هذا العلم المزور ، بنتائجه العملية بالطب . ولكن طريقته كانت تقتضي معارف فلكية ورياضية .

الارصاد الفلكية : حصلت ارصاد فلكية تتعلق بالظاهرات العادية ، وذكرت بمناسبة وضع الروزنامة وتحديد الوقت الصحيح . ووردت في المخطوط السربي العائد للقرن الخامس عشر والمتضمن اجزاء كوسموغرافية عن بسيلوس Psellos ، معطيات عددية حول طول الظل الساقط في بعض الساعات وبعض الاشهر بفعل جسم بشري منتصب . ومن اجل احتياجات التأريخ حدد العلماء السلاف وقت بزوغ وغروب بعض الاجرام السماوية . ونوقشت مسألة بناء اسطرلاب واستخدامه من اجل الارصاد الفلكية ، من قبل **كريستان براشاتيكي** Kristan De Prachatic ، وهو استاذ في براغ ومؤلف كتاب « كومبوزيسيوني اسطرولابي » وكذلك من قِبَل جوانس غازولوس Joannes Gazulus » (حوالي) (1400 — 1465) وهو دومينكي Dominicain من دوبروفميك Dubrovnik كتب « اسطرولابي اوتيلياتيبوس Utiliatibus » (اي استخدام الاسطرلاب » وحُفظت الكرة السماوية والمعدات الفلكية التي وضعها مارتن بيليكا الكوزي Martin Bylica D'Olkusz ، حتى ايامنا في « كولجيوم مايوس Collegium Majus » في كراكوفيا . ويمكن ان نشير الى راصدٍ ذي قيمة هو جان سندل Jan (1375 — 1456) Sindel وهو طبيب وفلكي ، واستاذ في فيينا ثم عميد في جامعة براغ . وقاس هذا الفلكي التشيكي ارتفاع الشمس خلال المنقلبين وخلال الاعتدالين وحُفظت النتائج واستخدمت من قبل عدة فلكيين وبخاصة تيكوبراهي Tycho-Brahé . وكتب أيضاً « تابولا الفونسينا Tabulae Alphonsinae . . . » ونذكر بهذا الشأن ان البولوني مارتن كرول Nartin Krol قدم تصحيحات على « جداول الفونسين » .

ولفتت بعض الظاهرات الفلكية مثل الكسوفات والمذنبات او سقوط النيازك انتباه العديد من المؤلفين السلاف ، اذ ساد الظن بوجود علامات مبشرة باحداث رهيبة . وكان اول كسوف للشمس سجلته التدوينات الروسية ، قد حدث سنة 1060 . وحوالي ثلث كل الكسوفات الشمسية التي امكن رصدها في روسيا من القرن 11 حتى نهاية القرن 17 قد وردت في الكتب التاريخية . وفوق الأرض الكرواتية ، ترك الكسوف الكامل للشمس والحاصل في 3 حزيران 1239 اثراً في وصفين تجب الاشارة الى دقتهما . في بولونيا حرر اندريا الكراكوفي « تابولا اكليبسي Tabulae Eclipsis. . . » (القرن الخامس عشر) .

الحساب ، حساب الاعياد ، الجيومتريا ، والاوبتيكا أو علم البصريات : بالنسبة الى رجال الدين كانت مسائل الاعياد ذات أهمية من الدرجة الاولى . في سنة 1136 الف الشماس سيرياكوس Diacre Cyriacus ، من نوفغورود Novgorod مطولاً في التأريخ « اوشيني امزي Utchenie Imzhe . . . » (تعليم يسمح للانسان بمعرفة اعداد كل السنوات)وفيه يشرح الجداول الفصحية ، واهم الدورات الرئيسية (دورات الشمس والقمر ، الدورة الكبرى المؤلفة من 532 سنة) . واخيراً من اجل تسهيل العمليات المرتكزة على الدورة الميتونية* ، قسم سيرياكوس Cyriacus مدة الساعة بسلسلة من الاقسام المتالية الخمسية . وتوقف عند القسم السابع ، فكتب ان النتيجة الحاصلة هي الجزء الاقل من الزمن ، مؤكداً بذلك وجود جزيئات زمنية غير قابلة للقسمة ولا يوجد تحتها اصغر منها . اما مسألة مكوّن الاستمرارية والجزء المتناهي الصغر ، والمتناهي الكبر ، فقد وجدت في نصوص اخرى من الادب الفلسفي السلافي القديم . وقد سبق ان عرضت ، في مجموعة سفياتوسلاف Sviatoslav ، سنة 1073 تعاريف ارسطية للمستمر ، وللعدد ، وللقياس ولغيرها من المفاهيم الرياضية .

وفي البلدان التشيكية ، درست الرياضيات ، كما عند الروس والبولونيين ، بالدرجة الأولى بالاتصال الوثيق مع المقتضيات العملية . ومنذ تأسيس جامعة براغ ، دخل فيها تعليم الرياضيات . وكان اقدم مؤلف في هذا المجال يعود الى كاتب تشيكي ، واسم الكتاب الغوريسموس Algorismus لمؤلفه كريستان براشاتيكي Kristan de Prachatic ، الاستاذ في براغ من سنة 1392 الى 1437 . وقد عكف هذا المؤلف على المسائل الحسابية (كومبوتوس . . .) ولكنه كان قد سُبق في هذا المجال من قبل مواطنه جان بريزنيكا Jan De Breznica (كومبيتوس كلوريكوروم Computus Clericorum, 1393) او حساب الاعياد الاكليركية .

واشهر رياضي وفيزيائي بولوني من القرون الوسطى هو من غير شك ويتيللو Witlo (الذي ولد حوالي 1230) وكان مؤلفه الرئيسي (برسبكتيفا) Perspectiva هو مطول في البصريات . ارتكز كتاب وتيللو Witelo على كتاب ابن الهيثم ، وتضمن مع ذلك تجارب جديدة حول انكسار الضوء وآراءً اصيلة حول طبيعة الضوء وحول الفيزيولوجيا النفسية للابصار . وكان علم البصريات والجيومتريا موضوع تدريس اعطاه سنديفوجيوس زيكل Sendivogius

(*) الميتونية : نسبة الى ميتون : الدورة القمرية .

Czechel في كراكوفيا Cracovie ، ويقوم على تفسيرات « للابعاد » لجون بيكهام John Peckham . وحرر البولوني مارتن كرول Martin Krol في كراكوفيا Cracoviaعدة كتب حول الحساب والجيومتريا والعد (منها مثلاً الغوريتموس مينيتاروم Algorithmus Minutiarum ، 1445) .

وطرحت عند السلافيين الاورثودكس مسائل العد بشكل حاد في اواخر القرن الخامس عشر ، لأن كل الجداول القديمة الفصحية اليونانية ، ومتفرعاتها السلافية تنتهي سنة 7000 « بعد خلق العالم » اي سنة 1492 . واذاً كان لا بد من وضع فصحيات جديدة من قبل الكهنة الرياضيين في نوفغورود Novgorod وموسكو Moscou .

الطب: طور السلافيون في بلادهم طبهم الخاص. ولكنهم لم يستطيعوا تحديده حرفياً وادبياً لأنهم لم يكونوا يعرفون الكتابة. وبعد تحولهم الى المسيحية اعتمد السلاف النظريات الطبية اليونانية ـ اللاّتينية ، ولكنهم في التطبيق العملي ظلوا امناء للعادات القديمة . وكان اول طبيب سلافي ذي نشأة علمية ، نعرف اسمه هو البولوني جان سميرا Jan Smera . وكان طبيباً في القصر للامير فلاديمير Vladimir في كييف في اواخر القرن العاشر ؛ وقد اكتسب سميرا Smera معارفه الطبية في الاسكندرية وفي القسطنطينية . وقد دونت اقدم المؤلفات الطبية للمؤلفين السلاف باللغة اليونانية . واول مؤلف معروف كان امرأة هي الاميرة الروسية ايبراكسيا Eupraxia . كانت ابنة مستيسلاف Mstislav ، ملك كييف . وولدت في بوفيديم حوالي 1108 . وتزوجت الامبراطور البيزنطي ، (بعد ان غيرت اسمها الى اسم زووي Zoé) واستفادت من مكانتها العالية لكي تتثقف اكثر . وينسب المؤرخون الروس اليها وصفات طبية وقواعد صحية محفوظة في مخطوط يوناني في فلورنسا . وفي مكدونيا الف اسقف بريزرين Prizren ، جوانس في القرن الثاني عشر مجموعة قصيرة باللغة اليونانية حول تشخيص الامراض من خلال مظهر البول .

وتضمن الادب القديم باللغات السلافية معلومات كثيرة حول الطب والشروط الصحية ، ولكن القليل من المؤلفات الطبية المنهجية نسبياً . ويمكن العثور على مذكرات مهمة عن الاوبئة وعن امراض الملوك وغيرهم من الشخصيات المرموقة ، وعن المستشفيات وعن الاطباء وعن النباتات الطبية ، وعن المعتقدات القديمة المتعلقة ببيئة الامراض ، وذلك في المخطوطات الحقوقية ، وفي تواريخ الاشخاص ، وفي المقالات . ووصفت اعراض الطاعون وغيره من الامراض بشكل طبيعي خالص . وورد ذكر هيبوقراط وغاليان كمؤلفين لبعض الكتب السلافية . ولكن الامر يتعلق بالواقع بنصوص معدلة او مختصرة او مبسطة الى درجة انه لا يبقى من الأصول القديمة الأ بعض الافكار البدائية . وتتميز المخطوطات الطبية عند سلاف الجنوب والشرق بترتيب غير منهجي وتوجه عملي ساذج . وهي تقسم الى فصول تبدأ بالاسم او بوصف موجز لمرض شائع او لعَرَض ، وتتضمن بعد ذلك اشارات موجزة الى الاستطباب ، والى اعداد الادوية واعطائها . واقدم مخطوطة سلافية من هذا النوع هي مجموعة « شودوش Chodosh » ، وقد عثر عليها في دير شودوش Chodosh في صربيا . وهي الآن محفوظة في براغ . وفي مجموعة ثانية من المخطوطات الطبية السلافية ، وزعت الفصول بحسب النباتات

الطبية وليس بحسب الامراض . والمثل النموذجي موجود في كتاب الاعشاب او الطبيب الذي يداوي بالنباتات ، « زيلينيك ايلي ترافوفراتش Zeleinik Ili Travovratch » ، وهو نص روسي عرف من خلال مخطوط من القرن 17 ، إنما مؤلف فعلاً في القرن السادس عشر . في مثل هذه « المعشبات » هناك عناصر وطنية تعكس تجربة الطب الشعبي ، ولا تخلو من بعض القيمة الاشفائية . ويمكن ان نذكر كامثلة معالجة الحمى بقشر الدردار او المران ، ولزقات الثوم والبصل . وذلك في حالة الجروح المتقيحة واستعمال العسل بصورة مكثفة وكذلك تهبيلة الزيزفون . ومن الناحية اللغوية والعلمية يبدو لنا مخطوط سلافي مهم هو « الكودكس Codex رقم 517من شيلندار » . وقد وضع هذا المخطوط في بداية القرن السادس عشر وتضمن الترجمة والاختصار الصربيين الحاصلين في القرن الخامس عشر ، لكتابات طبية من مدرسة سالرن Salerne .

والطب المطبق والمعلم في المدن الوسيطية التشيكية والسلافية والبولونية او الكرواتية تتوافق تماماً مع الطب الشائع يومئذٍ في كل اوروبا الغربية ونكتفي بذكر بعض مؤلفي الكتب الطبية . وهم بوجه عام من رجال الكنيسة ، العظام غالباً ، كانوا يعلمون ويطورون نظرية الطب في حين ترك امر المعالجة للجراحين وللحلاقين القليلي الثقافة . وكان اول استاذ للطب في براغ هو نقولا الجيفيكاوي Nicolas De Gevicka ، وهو عالم من مورافيا استدعاه شارل Charles الرابع سنة 1348 من باريس وكتب غالوس ستراهوف Gallus De Strahov ، وهو استاذ في علم الفلك وطبيب شارل Charles الرابع ، القواعد الصحية لملكه ،كما كتب دراسة صيدلانية(اكوا اي ايروم ... Aquae et earum » (باللاتينية والتشيكية) كما كتب مؤلفاً حول البول . ومن بين خلفاء نقولا جيفيكا Nicolas de Jevicka، كان الاشهر سيجيسموند البيكوس Sigismond Albicus حوالي (1358 - 1427) من انزوف Unczov ، وكان اسقفاً لبراغ ، واستاذاً للطب وطبيباً للملك ونسسلاس الرابع Wenceslas IV. وكتب باللاتينية عدة كتب طبية رزينة ودقيقة ·اشهرها كتاب حول النظام الصحي بالنسبة الى المسنين (ريجيمين هومينيس ... Regimine Hominis) . والمعلم سيلكو هوستكا Sulko de Hostka عميد جامعة براغ . كتب ايضاً نصائح حمائية حوالي 1413 . ويعود الفضل الى كريستان براشاتيكي Kristan de Prachatic في دراسات طبية باللغة اللاتينية (سانغيني مينوسيوني - San guinis Minutione ... الخ) ونصاً باللغة التشيكية وعنوانه لكارسكي كنيهي LéKarské Kniehy (الكتب الطبية) . وفي القرن الخامس عشر ترجمت الفصول الجراحية من مؤلفات الرازي ومن مؤلفات غليوم ساليستو Guillaume de Saliceto الى التشيكية . وترجمت اجزاء طبية بيولوجية من الرازي الى الروسية ايضاً . وعند البولونيين اسند اول كرسي للطب في كراكوفيا Cracovie الى جوهانس دوبرا Johannes de Dobra (1447) . وقد سبق من قبل ان اكتسب عدة مؤلفين طبيين شهرة اوروبية منهم مثلاً : نقولا البولوني Nicolas وهو دومينيكي ، درس في مونبيلي وكان طبيب ملك بولونيا ومؤلف كتاب اكسبريمنتا Experimenta ، وقصيدة طبية عنوانها انتيبوكراس Antipocras (حوالي 1270) ونشير ايضاً الى بيير بريغا Pierre De Brega شانوان روكلو Wroclaw̄ ومؤلف كتاب براتيكا Pratica (القرن الرابع عشر) وكذلك جاكوبوس سغلر Jacobus Zeglar من بوشنا Bochna ، وهو مؤلف شروحات حول طب الرازي (بداية القرن الخامس عشر) .

وعند الكرواتيين Croates كان فوسلاف ديبروفنيك Prvoslav de Dubrovnik اول طبيب ذي تكوين علمي عرف اسمه (حوالي 1280) . وسهلت المدن الحرة عل شواطىء الادرياتيكي دخول الطب الغربي لبلدان السلاف . وليس من قبيل الصدفة ان تكون جمهورية ديبروفنيك اول جمهورية ادخلت نظام الحجر الصحي الكرنتينا البحرية في العالم سنة 1377 . وكان احد حاملي جنسية هذه المدينة ، دومينيك دوبروفنيك Dominique de Dubrovnik قد احتل عدة منابر في التنجيم والطب في الجامعات . الايطالية بين (1395 — 1427) ، وترك مخطوطات لعدة كتب في علم الامراض وعلم الاستطباب .

التاريخ الطبيعي : تضمنت بعض الكتب الطبية المذكورة اعلاه اوصافاً لنباتات وادوية حيوانية (وخاصة زيلينيك Zeleinik وغيره من المعشبات) . وتضمن كودكس Codex رقم 517 من شيلندار ، وهو قانون الصيدلة السلافي الحقيقي ، جملة من المعلومات النباتية وشبه المعدنية والكيميائية .

اما فيزيولوغوس ، وهو مجموعة يونانية من الحكايات الرمزية عن الحيوانات وعن بعض الاحجار والنباتات فقد ترجم عدة مرات الى اللغات السلافية ، وزيدت عليه اضافات متنوعة . وقد استخدم كنموذج للكتب الحيوانية السلافية حيث تغلب الحكمة العملية للقصة على الملاحظة الحيوانية . وفي كتاب تولكوفايا بالايا Tolkovaya Paleya الروسي ، وفي كتاب شستودناف لجان لكسارك Ches-todnev de Jean L'Exarque ، خصص مكان الشرف لفحص الكائنات الحية . وبدت اوصاف الحيوانات وسلوكها اعلى من اوصاف فيزيولوغوس وقد جهد مؤلف شستودناف Chestodnev ان يجد قاعدة عامة نظرية للمظاهر الحياتية ، وان ينهِّج المعارف البيولوجية وان يوزع ويصنف كل الطبيعة الحية . وبرأيه تقسم الكائنات الحية الى اربع مجموعات :

المجموعة الأولى: وفيها النباتات. ويقول جان لكسارك Jean L'Exarqueعنها انها تتميز بالخصائص الحياتية وهي النمو والغذاء والتكاثر . ويميز فيها جنسين . ويؤكد ان تطور البذار فيها مستحيل بدون تخصيب . والمجموعة الثاني تتألف من كائنات تمتلك عدا عن الخصائص المذكورة ، خاصية الاحساس ولكنها سلبية . وفي هذه المجموعة يضع جان Jean الاسماك والزحافات . اما غالبية الحيوانات فتنتمي الى المجموعة الثالثة . اي انها تمتلك الارادة والقدرة على التأثير في الاحداث بصورة ناشطة . اما النوع الرابع من الوجود فهو من شأن الانسان الذي يمتلك الخصائص المذكورة وفوقها الفكر . ويعترف جان لكسارك Jean L'Exarque للحيوانات بالقدرة على الاحساس والارادة ، ولبعض الحيوانات ذوات الاربع والطيور بالذاكرة . ويستحق الوصف التشريحي لجسد الانسان الذي قدمه في كتاب شستودناف ، متأثراً بتعلقه المباشر بارسطو ، الابراز بشكل خاص .

ويعود تاريخ اقدم المعشبات التشيكية الى القرن الرابع عشر . وهي مغفلة . من ذلك معشبات اولوموك وورود يكا Roudnica . وفي بداية القرن الخامس عشر وضع الطبيب والفلكي كريستان براشاتيك Kristan Prachatic ذكرنا نشاطاته ، معشبة تتضمن وصف 150 نبتة . وفي سنة 1424 شرح استاذ آخر في براغ هو جان سندل Jan Sindel الكتاب الطبي النباتي لماسر Macer

المزعوم . وفي ما بعد قدم الطبيب البولوني سيميون لويز Siméon 'Lowiz شرحاً آخر . وفي بولونيا لم تأخذ المعشبات ازدهارها الا في القرنين 15 و16 (كليمان بوجاك Clémene Bujak ، واتيان فاليمرز Étienne Falimirz الخ .) .

الكيمياء: وعدا عن بعض الاعتبارات والتأملات حول العناصر الأربعة اتجهت كل النصوص السلافية القديمة ، في مجال الكيمياء اتجاهاً عملياً واضحاً . وقبل النصف الثاني من القرن الخامس عشر كانت الخيمياء غير معروفة عملياً في روسيا . ومن المفيد ان نلاحظ عدم وجود ادب ذي اتجاه خيميائي في اية لغة سلافية .

وعلى كل وفي البلدان التشيكية ، وفي سيليزيا وفي المدن الكرواتية ، كان هناك في القرون الوسطى بعض المختبرات الخيميائية . وكمثل على هذا النوع من النشاط يمكن ان نشير الى كتاب لاتيني لكاهن تشيكي هو جان تيسان Jan de Tessin : بروسيسوس دي لابيد فيلوسوف Processus de Lapide Philosophorum (1412) .

وبعض الكتب الروسية والسربية المخصصة ، تقدم معلومات عن تكنولوجيا الالوان . وفي مخطوطات متنوعة ، نجد نصائح مفيدة حول اعداد الحبر ، والفونت والذهب ، والتقطير ،واعداد الصابون الخ . وكان عند السلاف معارف جيدة في التعدين . ولكن بقي القليل منها في الكتابات . وغالبية المعارف التكنولوجية ، انتقلت بالتعليم المباشر وبالتراث الشفوي . ومن جراء هذا لا تتوضح بدايات العلم عند الشعوب السلافية الا جزئياً ، في ضوء دراسة الاثار الادبية وحدها .

المراجع

H. Barycz, *Histoire de l'Université des Jagellons à l'époque de l'Humanisme* (en polonais), Cracovie, 1935. — A. Birkenmajer, L'Université de Cracovie centre international d'enseignement astronomique à la fin du Moyen Age, *Actes du VIII^e Congr. Hist. Sci.*, Florence, 1956, pp. 359-363. — N. A. Bogoyavlenski, *L'ancienne médecine russe aux XI-XVII^e siècles* (en russe), Moscou, 1960. — F. Dvornik, *The Slavs, their early history and civilisation*, Boston, 1956. — N. A. Figourovski, V. P. Zoubov et coll., *Histoire des sciences en Russie* (en russe), I, Moscou, 1957. — G. Gellner, Joannes Niger et autres médecins tchèques jusqu'à la fin de l'époque des Jagellons (en tchèque), *Vestn. ceske spol. nauk*, I, 1934, pp. 1-176. — M. D. Grmek, *Les sciences dans les manuscrits slaves orientaux du Moyen Age*, Paris, 1959 ; Ancient Slavic Medicine, *J. Hist. Med.*, t. 14, 1959, pp. 18-40 ; Le contenu et l'origine du codex n° 517 de Chilandar, *Spomenik*, t. 110, 1961, pp. 31-45. — H. Jaksche, Das Weltbild im Sestodnev des Exarchen Johannes, *Die Welt der Slaven*, t. 4, 1959, pp. 258-301. — C. Kristanov et I. Dujcev, *Les sciences naturelles en Bulgarie au Moyen Age* (en bulgare), Sofia, 1954. — L. Niederle, *Manuel de l'antiquité slave*, tome II : *La civilisation*, Paris, 1926. — L. Novy et coll., *Les sciences exactes dans les pays tchèques jusqu'à la fin du XIX^e siècle* (en tchèque), Prague, 1961. — T. Rainov, *La science en Russie aux XI-XVII^e siècles* (en russe), Moscou, 1940. — J. Vinar, *Scènes du passé de la médecine tchèque* (en tchèque), Prague, 1959. — V. P. Zoubov, Les indivisibles et le continu dans l'ancienne littérature russe, *Rev. Hist. Sci.*, t. 10, 1957, pp. 97-109.

الفصل السابع

العلم العبري الوسيطي

ان دراسة العلم العبري الوسيطي يجب ان يبدأ في الواقع في السنة 70 ب.م. ، وذلك على اثر تهديم اورشليم وزوال الدولة اليهودية .

لقد بدأ شتات شعوب اسرائيل منذ القرن السادس ق.م. (دياسبورا Diaspora) واصبح شبه كامل يومئذٍ ، وادى الى انتشار اليهود في كل انحاء الشرق الادنى واوروبا . ونظراً لعدم اندماج اليهود بالشعوب التي عايشتها ، والتي كانت تظهر لها العداء غالباً ، احتفظ اليهود المشتتون في اغلب الاحيان بدينهم ولغتهم وحسهم الادبي والقومي . وكانوا يعملون منفردين او متعاونين الى حدٍ ما تعاوناً مباشراً مع عناصر عرقية اخرى ، وبفضل مواهبهم الفكرية واللغوية لعب اليهود في القرون الوسطى دوراً اساسياً في نشر وفي تقدم العلوم المختلفة .

لم يكتب العلماء اليهود في بدايات القرون الوسطى كتباً تشبه كتب هيبوقراط وارسطو وغاليان ، الخ . . فكانت معارفهم الأولى موجودة في الموسوعة العبرية المتكونة من التملودين ، تلمود القدس الذي وضعه العلماء الفلسطينيون وانتهوا منه في اواخر القرن الرابع ، والتلمود الثاني ، وهو اكمل كتبه مؤلفون بابليون Babyloniens وانتهوا منه في اواخر القرن الخامس . وبعد سقوط اورشليم ، اكمل العلماء اليهود تعليمَ العلوم وعلم اللآهوت في اكاديميات طبريا ثم سورا ثم بومبيديتا واخيراً ايضاً في اكاديميات اسبانيا وفرنسا ومصر وافريقيا الشمالية .

اما المعلومات المتناثرة في الـ 36 كتاباً من كتب التلمود البابلي وكتب تلمود القدس فهي غير متساوية . وعلى كلٍ تبدو بعض الملاحظات شبيهة بمعلومات العلماء غير اليهود . وكان التلموديون اول من تكلم عن التشريح الباتولوجي الماكروسكوبي (البصري) ، وعن الفحوصات الطبية الشرعية . وفي القرن السابع كتب آصاف Assaph مطولاً طبياً عبرياً شبيهاً بمطولات معاصريه . وفيما بعد جاء علماء آخرون فكتبوا مطولات اخرى اما بالعبرية واما بالعربية واما باللاتينية ، وقد اشتهروا كمترجمين اي كوسطاء بين الشرق والغرب . وتمثل العلماء اليهود بصورة سهلة اعمال معاصريهم لأنهم كانوا تقريباً الوحيدين الذين يعرفون اللغات الرئيسية المعتمدة في القرون الوسطى ومنها العبرية .

واتاحت معرفة هذه اللغة قراءة وفهم اي نص لأن كل النصوص قيدت بفضل اليهود في الاصل وفي الترجمة العبرية . واتاح تنقلهم الدائم الإرادي او غير الارادي للعلماء اليهود ان يلعبوا دوراً من الدرجة الأولى في شرح ونشر العلم الوسيطي ، رغم الاضطهاد الكثير والمنع من ممارسة دينهم ومنعهم من الدرس أو التعليم .

1 - علم الفلك والرياضيات

علم الفلك : كان درس علم الفلك مهماً جداً عند اليهود ، لاسباب علمية وطقوسية . من ذلك ان معرفة ودرس الروزنامة كانا ضرورين لوضع وتحديد تاريخ الاعياد اليهودية .

ويتضمن التلمود مقاطع عديدة حول علم الفلك . ويعلمنا احدها ان يوهنان بن زكاي Yoha-nan Ben Zaqai كان يعرف حساب المنقلبين وتنقلات الكواكب . وتخبرنا نصوص اخرى من التلمود عن وجود آلات تستعمل لدراسة القمر ومنها آلة للرصد تسمى « شيفو فيريث Shéfoféreth » . وكان من افضل الفلكيين اليهود في تلك الحقبة هو الطبيب مارساموييل Mar Samuel ، من ميزوبوتاميا . وقد صرح انه يعرف « دروب السماء » كما يعرف دروب ضيعته نهاردا . ويُعزى اليه تجميع « باريتا الرباني ساموييل Baraita de Rabbi Samuel » .

ويؤكد التلموديون ان الكواكب تدور حول الشمس . ولكل يوم كوكب الآ السبت : سابيتاي Shabbetai (ساتورن Saturne) ، زيدك Zédek ، (جوبيتر Jupiter) ، ماديم Maadim (مارس Mars) هاما Hamma (الشمس) ، كوهيبت Kohébeth أو ناغا Naga (فينوس Vénus) ، كوهابي Kohabe (مركور Mercure) ، ليبانا Lébanah (القمر) . اما درب المجرة فتسمى « نيهار دينور Nehar Dinour » أو (حجر النار) . ويصرح الرباني يوشو بن هنانيا Rabbi Yoshua Ben Hananya ان مذنباً يظهر كل 70 سنة ، وبعض المؤلفين المعاصرين يعتقدون ان مذنب هالي Halley قد عرف من قبل التلموديين .

ومن بين المؤلفين اليهود اللاحقين نجد يعقوب ابن طارق Jacob Ibn Tariq ، وكان فلكياً عند السلطان منصور ، وكذلك « ما شاء الله » الذي ساهم في خطط بناء بغداد سنة 762 ، وسهل (ربان) الطبري Sahl Rabban AL Tabari في القرن التاسع الذي ترجم لأول مرة الى العربية كتاب المجسطي Almageste لبطليموس . والطبيب اليهودي شباطي دونولو Shabbetai Donnolo (القرن العاشر) الذي كتب اول مطول فلكي باللغة العبرية اسمه سفر تشكيموني Séfer Toshkemoni . والف ابراهام ابن عذرا Abraham Ibn Ezra مدخلاً الى علم الفلك ومبادىء الحكمة»، وكتاباً حول الاسطرلاب والازياج الفلكية . في حين ان ابراهام بارحيا Abraham bar Hiyya (القرن 12) كتب ايضاً بالعبرية كُتُبُهُ حول : « شكل الأرض » ، و« اسس علم الفلك » وكذلك أزياجاً فلكية اصيلة نوعاً ما .

وهناك مقام كبير اعطي لموسى بن ميمون Moise Maominide الذي تضمنت كتبه اللآهوتية

والفلسفية معلومات فلكية مفيدة .

وكان موسى بن ميمون قد عرف كيف يحدد بدقة موقع الشمس ومنازل القمر ، وهي معلومات مهمة لحاجات الطقوس الدينية عند اليهود . وترجم جاكوب بن ماهير Gacob Ben Mahir (بروفاتيوس Prophatius) في القرن الثالث عشر عدة كتب فلكية الى العبرية وبنى ساعة استخدمها كأسطرلاب . والف يهودي آخر من بروفنسا هو ليفي بن جرسون Levi Ben Gerson (ليودي باغنول Leo de Bagnols او ليو هيبروس Leo Hebraeus) (1288 — 1344) ، كتاباً في علم الفلك واخترع آلة (ميغالي آموكوث Megallé Amoukoth) او (كشاف الاشياء العميقة) المقلاع ، او عصا يعقوب التي بعد ادخال تحسينات عليها ، استعملت بعصر النهضة بشكل واسع . ويعزى اليه احياناً ، خطأً اختراع الغرفة السوداء التي حققها فعلاً ابن الهيثم في القرن الحادي عشر .

وكان « لمبادىء العالم » (يسودي اولام Yéssodé Olam) و« أبواب السماء » (سفر شعار هاشامايم Séfer Shaar Hashamaim التي كتبها اسحاق بن يوسف (ابن جوزيف) الاسرائيلي تأثير كبير على علماء القرون الوسطى .

وقام اسحاق بن سالومون بن الحديب Issac Ben Salomon Ibn Al-Hadib ، مخترع آلة فلكية وصفها في كتابه كيلي حمدة Kéli Hemda او الآلة الثمينة ، بتأليف جداول فلكية او ازياج بالاشتراك مع دافيد بن يومتوف بول David Ben Yomtov Poel ، ومع سالومون بن اليجاه وابراهام زاكوتو Abraham Zacuto Solomon Ben Elijah (زاكوت) ، طبيب واستاذ في سلمنكا ، وكان من بين المستشارين والمقترحين لرحلات فاسكو ديغاما Vasco de Gama ، حيث بنى لسفينته اسطرلاباً معدنياً ، اما الكتاب الفلكي (بيور لوكوث Biour Loukoth) (تفسير الازياج لزاكوت ، المترجم الى اللاتينية من قبل ج . فيزنهو J. Visinho مستشار الملك جان الثاني البرتغالي تحت عنوان « المناك بربيتوم Almanach Perpetuum او الروزنامة الدائمة ، فقد استشاره كريستوف كولومب Chrostophe Colomp . وفي سنة 1480 اقترح الطبيب جوزيف Joseph الليشبوني استعمال الاسطرلاب على ظهر السفن . نذكر اخيراً ان مستر جاكوم Maostre Gacome ابن ابراهام كريسك Abraham Cresques ، الاستاذ في اكاديمية البحرية في ماجور ، كان احد الرواد في علم الخرائط الحديث .

وقد تميز كمترجمين كل من آل تبونيد Tabbonides او تيبوني ، وكالونيموس بن دافيد Kalonymus Ben David ، وجاكوب اناتولي Jacob Anatoli ، وجودا بن موسى كوهين وابراهام البالمي Jehudah Ben Moses Kohen و Abraham de Balmes . ونشير اخيراً ان مطولاً في القبالة « زوهار Zohar » او كتاب الجلال ، اورد مقطعاً يؤكد فيه الرابي هاموناح Rabbe Hamounah بان الأرض المسكونة تدور حول نفسها كالطابة .

الرياضيات : اوجبت المقتضيات المراسمية المتعلقة بالمسافات السبتية (مسافات يمكن لليهودي أن يجتازها دون ان يخل بالراحة السبتية)، وكذلك الدقة التأريخية ، اليهود الى دراسة الرياضيات .

وتتضمن المطولات التلمودية ، ايروبين Erubin او التوحيدات ، والكليم Kélim أو المعدات ، والاوهالوث Ohaloth أو الخيم ، عدداً كبيراً من المعلومات الحسابية والجيومترية (قياسات الأراضي أو كيلها الخ . . .) .

وكانت اقدم رسالة في الرياضيات في اللغة العبرية هي مشنات حاميدوث Mishnath Hamiddoth او رسالة القياسات ، وتعزى الى رابي ناهيمي Rabbi Néhémie من القرن الثاني . ويعتبر هذا المؤلف المكتشف سنة 1862 ، والمنشور من قبل م . شتينشنيدر M.Steinschneider مخصصاً للالفاظ (المصطلحات) وللجيومتريا . ونجد فيها قيمة $\pi = 3\ 1/7$.

وقسم الرياضيون اليهود الرياضيات الى 7 فروع : الحساب ، الجبر ، الجيومتريا ، الفلك ، التنجيم ، البصريات ، والموسيقى ، كما فعل العلماء العرب معلموهم في اغلب الاحيان او تلاميذهم احياناً . وكانوا ، مرة تراجمة ، ومرة مؤلفين اصيلين . وفي حين كان ما شاالله Mashallah ، وسهل بن بشر Sahil Ibn Bishr والرباني سهل الطبري يحررون مؤلفاتهم بالعربية ، كان جاكوب بن نسيم القيرواني Jacob Ben Nissim De Kaorouan يؤلف بالعبرية كتاباً عن الرياضيات الهندية اسمه حساب البارود (هشبون هافاك Heshbon Haavak) .

وكان ابراهام بارحيا هاناسي Abraham Bar Hiyya Ha — Nasi او سافا سوردا Sava Sorda في القرن الثاني عشر احد اشهر علماء الجيومتريا . وكانت مؤلفاته الرئيسية : رسالة في القياسات وفي الكسور ، وكتاب اسس العقل والذكاء وبرج الايمان . وقد دُرس هذان الكتابان حديثاً من قبل ج. ميللاس فاليكروزا G. Millas Vallicrosa . والف ابراهم ابن ازرا Ezra سفر هاميسبارا Séfer Hamispar أو كتاب الحساب وسفر هيهاد Séfer Heahade او الكتاب الوحيد وتوجد مقتطفات عديدة من كتاب العناصر لاقليدس في الكتاب الموسوعي المسمى ميدراش ها ـ كوكما Mid-rash Ha — Kokma او تفسير الحكمة لجودا بن سالومون كوهين Judah Ben Salomon Cohen من طليطلة . ونذكر ايضاً ليفي بن جرسن Levi Ber Gerson مؤلف كتاب رسالة في الحساب ، ورسالة في الجبر . ونذكر مورديغي كومتينو Mordecae Coptino وتلميذه ايلي بن ابراهام مزراحي Elie Ben Abraham Misrahi الذي استلهم رسالته في الحساب من رسالة ابن ازرا Ezra ، وكانت ذات قيمة . ويزعم ديلمبر Delambre ان مزراحي Misrahi كان الاول الذي استعمل المنهج الحديث في استخراج الجذر التربيعي .

ونذكر اخيراً الدور الذي لعبه بعض الشراح والتراجمة امثال اباماري AbbaMari من مرسيليا ، وابراهام بن سالمون يارهي Abraham Ben Salmon Yarhi ، وبروفاتيوس Profatius وابراهام فنزي Abraham Finzi واخيراً الاكثر اهمية كالويتموس بن كالونيموس Kalonymus Ben Kalony-mus او المعلم كالو Calo ، من آرل Arles ، مترجم كتب ارخميدس والفارابي وابن الهيثم وثابت بن قرة الخ . . وهذه التراجم بالعبرية واللاتينية والعربية ، وبالعكس اتاحت لعلماء الشرق والغرب ان يقرأوا في اللغة التي يختارونها روائع كتب القرون الوسطى .

II ـ العلوم الطبيعية

تضمن التلمود البابلى والاورشليمى العديد من الاوصاف للحيوانات المتوحشة والاليفة ، خاصة بسبب المسائل الطقوسية . وقد ميز اليهود باكراً بين الحيوانات المسماة طاهرة اي التي يمكن اكلها والحيوانات غير الطاهرة التي لا تؤكل.وقد اخذ هذا التقسيم الزيولوجي الذي ورد في (البيبل) الكتاب المقدس وشرح واوضح من قبل التلموديين . ولم يكتف هؤلاء العلماء بوصف تشريحي ومورفولوجي للحيوانات بل درسوا ايضاً سلوكاتها ونفسيتها .

وقد اجيد درس النباتات التلمودية نوعا ما ، خاصة من اجل محاولة فصل النباتات السامة عن النباتات الغذائية . واعطيت مكانة مميزة لدراسة الاشجار وخاصة النباتات الطبية .

ويعود تاريخ اول كتاب عبري مخصص للعلوم الطبيعية الى القرن الرابع عشر . وعلى كل ومنذ نهاية الحقبة التلمودية (القرن الخامس) اهتم عدد كبير من المؤلفين اليهود بهذه العلوم في كتبهم التفسيرية والفلسفية والمعجمية او الطبية . وتجب الاشارة ايضاً الى العديد من المؤلفات الموسوعية التي تتضمن معلومات دقيقة عن الزيولوجيا وعن علم النبات الوسيطيين . ويدل على اهمية هذه الكتب ان ساموئيل بوشار Samuel Bochart في كتابه عن علم الحيوان (هييروزويكون Hierozoicon) استلهم في سنة 1663 من مؤلفات هؤلاء اللغوين اليهود من القرون الوسطى .

وبعد المؤلفات الطبية التي وضعها اصاف Assaph في القرن السابع ودونولو Donnolo في القرن العاشر والتي تتضمن معلومات زيولوجية ونباتية ، اشار الشارح سعدية Saadia وحاي غاوون Hai Gaon الى عدد كبير من النباتات والحيوانات .

واهتم الرحالة الداد هاداني Eldad Ha — Dani بزراعة القُنَّب ووصف عدداً كبيراً من النباتات التي وجدت في افريقيا الشمالية وفي ميزوبوتاميا وفي الهند . ووجدت معلومات زيولوجية ونباتية أيضاً في الشروحات التلمودية للرابي هانانيل بن هوشل RabbiHananeel Ben Hushiel ، وفي مؤلفات تفسيرية للرابي جرشوم بن جودا Rabbi Ghershom Ben Judah الذي علم في متز Metz . وكان الشارح الذي لعب الدور الاهم حتى لقب بأمير شراح التلمود . رابي سالمون بن ايساك Rabbe Salomon Ben Isaac (راشي Rashi ، من ترويس) ، عالماً امتلك معارف موسوعية ضخمة . واتاحت آلاف الكلمات الفرنسية الموجودة في شرحه التلمودي معرفة عدد كبير من الحيوانات والنباتات .

نذكر ايضاً جوزيف بن ايساك كمحي Joseph Ben Isaac Kimhi (ريكام او المعلم الصغير) وكان شاعراً ونحوياً وشارحاً ، ونذكر ايضاً ابنه دايفيد كمحي David Kimhi (ريداك Ridaq) الذي اتاح معجمه المسمى سفر هاشوراشيم Séfer Hashorashim او كتاب الجذور التعرف على العديد من التحديدات . وكذلك كان الحال بالنسبة الى الاعمال التفسيرية التي وضعها ابراهام ابن إزرا Ezra ، وكتاب المعجم العبري آروك Arauk الذي وضعه الايطالي ناتان ابن جليل Nathan Ben Jeliel . وكانت كلماته العديدة في علم الحيوان مع مرادفاتها باللغات اليونانية

والعربية والتركية واللاتينية والايطالية والارامية والسلافية مفيدة جداً . ومن بين المؤلفين الآخرين الذين قدموا معلومات نذكر الطبيب والشاعر ورجل الدولة جودا هاليفي Judah Ha — Levi مؤلف كتاب كوساري Kousari ، والطبيب الفيلسوف الشارح موسى بن ميمون الذي يشكل كتابه السموم مساهمة مفيدة جداً في العلوم الطبيعية . وكذلك الحال في كتاب الحكمة الذي وضعه جودا بن سالومون كوهين Judah Ben Salomon Cohen ، وكتاب ديوث هافيلوسوفيم Déoty Hafilosophim او افكار الفلاسفة الذي ألفه شمتوف Shemtov بن جوزيف ابن فلكارا Falaquera . وتوجد صفحات رائعة في كتاب دروب الايمان لمايير الدابي Meir Aldabi ، وفي كتب الرحالة لبن يامين Ben Yamin التوديلي Tudèle ، واستوري فارحي Estori Farhi وكليب افندي بولو Caleb Afendopoulo .

وخصصت خمسة كتب من اصل اربعة عشر كتاباً او باباً ، من العمل الموسوعي المسمى ابواب السماء (شاعار هاشامايين Shaar Hashamaim) الذي وضعه ليفي بن جرسون Levi Ben Gerson ، ونشره سنة 1953 بترجمة انكليزية ف. س. بودن هيمر F.S. Bodenheimer ، للعلوم الطبيعية . نذكر اخيراً ان كالونيموس بن كالونيموس Kalonymus Ben Kalonymus قد قدم مساهمة مهمة في كتابه رسالة النباتات ورسالة الحيوان ، وقد استقاهما من ارسطو .

وكان اول مسافر ذكره التلمود هو الرابي عقيبة Rabbi Akiba (القرن الثاني) الذي زار افريقيا وميزوبوتاميا وفارس وغاليا . وفي القرن الثامن قدم الرابي سيمويون كيارا Simeon Kayyara وجيهودا غون Jehudah Gaon من سورا ، وصفاً اتنوغرافياً (عرقياً) لشعوب آسيا وذلك في كتابهم التجميعي المسمى « هلاكوث غيدولوت HalaKhoth guedoloth او القوانين الكبرى » . وقدم كل من : الداد هاداني Eldad Ha — Dani الذي سبق ذكره ، والرابي جاكوب بن سيرا Rabbi Jacob Ben Sheara وابراهيم بن يعقوب ، وابراهام بارحيا barhiyya ، وابن ازرا Ezra, ، وموسى بن ميمون ، وجودا الحداثي ، وبن يامين التوديلي Tudèle ، وبطحيا Petahiah بن يعقوب وساموئيل بن سيمون وجودا الحارزي Judh al — Harizi . كل هؤلاء قدموا معلومات ثمينة عن الشعوب والحيوانات والنباتات في البلدان التي زاروها .

III - الصيدلة والطب

الصيدلة : في بداية القرون الوسطى وجد اليهود معلومات اولى تتعلق بالنباتات الطبية ، منتشرة في مختلفة المطولات التلموذية . وقد اختلف الامر تماماً ابتداءً من القرن السابع بفضل كتاب الأدوية « سفر ريفوث Séfer Refouth» الذي وضعه الطبيب السوري - الفلسطيني آصاف اليهودي Assaph . هذا الكتاب المستقى من التلمود ومن ديوسكوريد Dioscoride يقدم وصفاً ممتازاً لأكثر من مئة نوع من النباتات الطبية مع مرادفاتها باللغة الآرامية واللآتينية واليونانية والفارسية . وبعد ثلاثة قرون الف الطبيب والشارح دونولو Donnolo كتابه سفر هياكار Séfer Hayakar او الكتاب الثمين ، المستقى من ديوسكوريب Dioscoride ومن آصاف Assaph . درس دونولو Donnolo ، كما فعل آصاف Assaph 120 نبتة طبية مع خصائصها الاستطبابية . واضاف الى الاسماء العبرية مرادفاتها باليونانية

واللآتينية والعربية والفارسية والايطالية .

وترجم الطبيب حسدي Hasdai ابن شبروث Shapruth ، الفقيه العظيم ومحاسب الخليفة عبد الرحمن الثالث لأول مرة الى العربية ، بمساعدة الراهب نقولا كتاب المادة الطبية لديو سكوريد Dioscoride في حين ان الطبيب اليهودي الفارسي ماسارغواي Masargoe كتب كتاباً عن « بدائل الأدوية » وكتاباً آخر عن فضائل الادوية ومنافعها ومضارها ، ولكنه قد ضاع . ونشير ايضاً الى العديد من الكلمات الصيدلانية الموجودة في معجم « جنة الحكمة » للربان علي الطبري ، وكتاب الأدوية المركبة لموسى ابن آليزر Alizar ، طبيب الخليفة المعز Al — Muizz « والمادة الطبية » ، وكتاب « مفردات النباتات والاطعمة » لاسحاق الاسرائيلي وهو كتاب ذكره اطباء القرون الوسطى . والف ابو مروان ابن الجناح كتاباً لغوياً طبياً باللغة العربية اسمه التلخيص وتضمن دراسة مفيدة عن الاوزان والمكاييل المستعملة في الطب حيث وردت اسماء الادوية مع مرادفاتها باللغة العربية والفارسية والسريانية واليونانية والبربرية والاسبانية . ولكن للأسف لا نعرف عن هذا المؤلف شيئاً الا من خلال ما ذكره موسى بن ميمون وابن البيطار وكتب هبة الله ابن جامي (نيثانيل Nethanel) طبيب السلطان صلاح الدين وزعيم الطائفة اليهودية في القاهرة ، عن « الأدوية الملكية » . اما « كتاب الأدوية » لتلميذه دايفيد ابن ابي البيان فقد استخدم في مستشفيات مصر وسوريا والعراق .

والكتاب الصيدلاني الاكثر اهمية في القرون الوسطى هو من غير شك كتاب « تفسير الدواء الطبي » الذي وضعه ابو عمران موسى بن عبد الله القرطبي (كوردوبان Cordoban) ، المعروف باسم ابن ميمون . وهناك مخطوط باليد لابن البيطار ، واضع كتاب « المفردات » اكتشف في مكتبة جامع اياصوفيا في اسطنبول . وقد نشر نصه مع الترجمة الفرنسية من قبل م. مايرهوف M. Meyerhof في القاهرة سنة 1940 .

وفي حين لا يذكر البيبل الا 117 اسماً نباتياً ، يعدد « الميشناح Mishnah » 320 تقريباً منها 60 نبتة مأخوذة عن اللغات اليونانية والفارسية والهندوكية .

يقول ميمون : لا اشير الى اي دواء معروف ومشهور اتفق الاطباء على عدم اعطائه الاتسمية واحدة شائعة عربية او اجنبية . لأن غاية هذا الموجز ليست لا التعريف بمختلف انواع الادوية عن طريق وصفها ولا مناقشة فوائدها ، بل فقط شرح بعض اسمائها باسماء اخرى . . . اني اصنف الادوية المذكورة بحسب الترتيب الابجدي ولكني اتجنب التكرار . وهدفي تصغير حجم هذا الموجز لتسهيل مهمة من يريد حفظه وبالتالي زيادة الفائدة منه . . . (ورقة 74 خامساً من الأصل) . ثم يذكر اكثر من 1800 دواء ضمن 405مواد .

وكتب الطبيب اليهودي ـ المصري كوهين العطار (ابو المنى ابن ابي نصر العطار) « منهج الدكان » الذي حل محل كتاب « دليل المستشفيات » لابن ابي البيان . وتضمن هذه الكتاب عدداً كبيراً من النصائح العملية حول قطف واعداد وحفظ النباتات الطبية . في حين ان ناتان بن جويل فلكارا Nathan Ben (Joël Falaquera كتب « بلاسم الجسم » . وكتب سالمون هاكاتان Salomon

Hakattan من مونبيليه كتابه « الصيدلة » كما ترجم كتاب « انتي دوتاريوم نيكولي Antidotarium Nicolai . والرابي تودروس Todros Rabbi من كافاليون ، كتب كتاباً حول المركبات » (شاعاري هاهار كافوث Shaaré Haharkavoth) .

واخيراً نذكر كتاب « المجموعة الأريجية » (كومبنديوم آروماتوريوم Compendium Aromatoruim) للطبيب اليهودي الايطالي صلاح الدين الاسكولي ، وهذا الكتاب كان اول مطول في الصيدلة الغالينية . لأن الكتب القديمة السابقة كانت تكثر بصورة رئيسية ، من وصف المستحضرات المستخدمة في الاستطباب ، او في وصف استعمالها الفيزيولوجي (روتردي روزيمون (Reutter de Roseont) . ونشر س . مونتنر S.Muntner المخطوط العبري الذي وضعه صلاح الدين (سالادينو Saladino) سنة 1953 .

يضاف الى هؤلاء الصيادلة بعض الممثلين عن العطارين والاجزائيين وبائعي البهارات والافاوية ، الذين كتب بشأنهم ل. غليسنجر L. Glesinger ما يلي : « ان تجارة الافاوية والعطورات ، كانت في القرون الوسطى ، في معظمها بايدي اليهود الذين كانوا يتمتعون في ايام شارلمان بامتيازات متنوعة . وفي مدن سبير وورمث Worms et Spire كان اليهود يتاجرون في سنة (1090) بالعطورات . وسمح الامبراطور فريدريك الثاني ، ايضاً لليهود النمساويين بتجارة الادوية حوالي 1238 . وبفضل هؤلاء التجار اليهود استطاع اطباء الغرب ان يتعرفوا على العديد من الادوية غير المعروفة حتى ذلك الحين .

اما الاجزائيون اليهود : « فقد تمتعوا في القرون الوسطى بشهرة كبيرة . فقد كان الكثير من الطغاة الدينيين والزمنيين يلجأون الى اطباء وصيادلة يهود ليعتنوا بهم وليعدوا لهم الادوية اللازمة . فرئيس الاساقفة برونو الأول ، عاهل تريف (مات سنة 1124) سمى طبيبه اليهودي يوشوا Yoshau : « فيزيكا آرتيس Physicae Artis» .

وفي آخر القرون الوسطى ، كان هناك صيادلة يهود في كل بلدان اوروبا . وكما كان الحال في ذلك الحين ، كانت مهنة الصيدلة تنتقل من الاب الى الابن غالباً ، وظلت بعض الصيدليات بالتالي بين يدي نفس العائلة لعدة اجيال .

المعارف الطبية : رغم ان اليهود ظلوا لبداية القرون الوسطى بدون اي كتاب مهم في الطب ، فقد كان عندهم اطباء ، وقد ذكر « البيبل » الكثير من المعلومات الطبية ، اهمها يتعلق بالعناية بالصحة الفردية والجماعية وهي ما يسمى في ايامنا بالصحة العامة . وعرفوا التصريح الواجب عن كل وباء فجائي ، والعزلة ، وتطهير الاشياء والاشخاص والامكنة ، كما عرفوا القوانين المتعلقة بالجذام ونجاسات الانسان و« الرجل والمرأة » (الفصل 15 — 14 — 13 من لفيتيك Lévitique) . وفي مجال الصحة العامة الغذائية ، كانت مسألة المآكل الحلال والحرام تلعب دوراً مهماً .

وفي الحقبة التلمودية ، كل هذه المسائل استعيدت ودرست بدقة وبوضوح اكبر . ولمواجهة

المتطلبات الطقوسية المتعلقة بالنظافة (كاشروت Kashroute) كان التلموديون يجرون التجارب ويمارسون الذبح الطقوسي (شهيتاه Shehitah) . وباتباع هذا الاسلوب الالفي القائم على قطع الأوداج للحصول على نزف عنيف ، لاحظ العلماء اليهود ان الاوداج تحتوي الدم لا الهواء ، وان النزف الدماغي الآني يمنع الحيوان من الالم .

وعرف العلماء ايضاً ان اللحم النازف دمه بسبب الذبح الطقوسي (شهيتاه Shehitah) يحفظ بصورة افضل . وبعد تفحص احشاء ولحم الحيوانات (بديكاه Bedikah) ، بعد الذبح ، تفتيشاً عن الامراض العضوية (دمامل ، خراجات ، التصاق ، وكسور . . .) حققوا ، منذ العصور القديمة ، الفحوص الأولى التشريحية المرضية الماكروسكوبية . ودرس التلموديون ، وشرحوا واوضحوا قوانين الفيزيولوجيا التي تعلموها بخلال « الشهيتاه » ، وكانت معارفهم الجراحية ذات قيمة ايضاً . وبالفعل يوجد في التلمود اشارة الى عملية لِسَمِيْنٍ ، واشارة اولى الى ادخال انبوب في زلعوم حَمَلٍ ، واشارة الى اول فحص عيادي لحيوان مشلول ، يضحى به من اجل التشريح والفحص . ونجد فيه اشارة الى عملية قيصرية على امرأة حية (يوتزي دوفين Yotzé Dofène) ، عملية تكللت بالنجاح ، لا يوجد اي وصف مشابه لها في الادب الطبي الوسيطي .

وفي دراستنا على « العملية القيصرية على النساء الاحياء » (يراجع C.R. Du Congrès Inter Hiot. Méd , Bale , 1965 PP. 160 — 169) ، ركزنا على شرح من شروحات الرابي غرشوم Rabbi Guershom من ميتز (1040) المتعلق بالنص التلمودي بيكوروت ، 19 ، a ، وفيه ان « يوتزي دوفين Yotzé Dofène » لا يخرج من الثقب الرحمي ، ولكن فقط بعد قطع الغشاء الرحمي « كما هو الحال عند البقرة التي تعسرت ولادتها ، يقطع غشاء الرحم ويخرج العجل » .

هذا الشرح يستبعد بشكل قاطع « الحبل خارج الرحم » ، اذ في هذه الحالة لا حاجة لقطع اغشية الرحم ، ويتابع ر . غرشوم R. Guershom تعليقه فيتكلم عن التئام الجرح الرحمي ، مما يسمح بحمل جديد ، مع الولادة الطبيعية ، هذه المرة من خلال الفتحة الرحمية ، اي من خلال المجاري الطبيعية . من المؤسف ان شرح ر. غرشوم R. Guershom قد فات ج. بروس G. Preuss (في تأمل حول البيبل التلمودي) وألاَّ ـ ونحن على قناعة بذلك ـ لكان قبل ، مثلنا ، ان التلموديين قد جربوا العملية القيصرية على النساء الاحياء ، ولو في حالات استثنائية .

نشير اخيراً الى المعارف الطبية الشرعية عند التملوديين ، التي دارت حول وظائف الدم ، بواسطة سبعة كواشف منذ القرون الوسطى ، وهو فحص لم يذكر في مكان آخر ، الا بعد القرن السابع عشر . واخيراً يذكر ان التلموديين قاموا بفحوص على العظام ، ـ في القرن الاول ـ وان ر . اليشا R. Elisha وتلاميذه قد شرحوا جثة امرأة عاهر .

وفي القرن السابع فقط نجد اول كتاب طبي باللغة العبرية هو « كتاب الادوية » (سفر رفوث Sefer Refouoth) الذي سبق ذكره ، لآصاف هايهودي D'Assaph Ha — Yehoudi الموجود

بشكل مخطوطة . وقد استفاد اصاف من مؤلفين يونانيين ـ رومان ومن التلمود . وتكمن اصالته في « مدسينا بوبروم Medicina Pauperum » الذي كتب للاشخاص المعوزين حتى « يستطيع هؤلاء مداواة انفسهم بدون معونة طبيب » . ونظراً لعدم وجود لغة طبية عبرية كافية ، اوجد عدداً كبيراً من الكلمات ما تزال تستعمل حتى في ايامنا .

واخيراً نشير الى ان اصاف Assaph الف اول قَسَم طبي عبري (شيفون اصاف ـ Shevouath Assaph) ، وطلب الى تلاميذه ان يتلفظوا به عند حصولهم على شهاداتهم . وهذا مقطع منه : « انك لا تتحمل الدم في ممارسة مهنة الطب ، ولا تتسبب عن قصد باعطاب اي انسان » . اليس في هذا رؤية نبوية تشجب « التجريب الاجرامي على الانسان » ؟ .

وبعد هذا الطبيب المتعبرن ، انتقل المشعل الى ايدي الاطباء اليهود ذوي التأثير واللغة والسيطرة العربية المجيدة والمزدهرة بآنٍ واحد . الف مسرجويه Massardjawayh كتابين حول « قوة وفائدة الاطعمة ومضراتها » ، وكتاباً آخر حول « النباتات ومحاسنها ومضراتها » . ومن اشهر الاطباء في القرون الوسطى كان اسحاق بن سالومون الاسرائيلي (ايزاكوس Isaacus او جوداوس Judaeus) ، وكان الطبيب الخاص للخليفة « زيادة الله الاغلى ».[1] وللفاطمي عبيد الله المهدي . وكانت رسائله حول « الحميات » و« البول » ، والحمْية ، قد ترجمت من قبل قسطنطين الافريقي تحت عنوان « اوبرا اومنيا ايزاكا Opera Omnia Isaaci » . وترجم كتاب « الحميات » الى العبرية تحت اسم « سفرها ميساديم Séfer Hamissadim » ، وكان من اكثر الكتب الطبية استعمالاً في القرون الوسطى وعصر النهضة . ونذكر ايضاً بعض الاطباء الاصلاء امثال دوناش بن تميم Dunash Ben Tamim ، تلميذ اسحاق الاسرائيلي وهسدي ابن شبروح Hasdai Ibn Sharpruth وافرام ابن الزفان Ephraim Ibn Al—Zafan ، والشاعر والرحالة جودا الحارزي Gudah Al — Harizi ، وموسى ابن صدقه Moise Ben Sadaka واخيراً نيثانيل Nithaneel الذي سبق ذكره ، وهو مؤلف (مدخل الى شفاء الجسم والروح) .

ولكن واحداً من العظاء كان بدون شك موسى ابن ميمون . كان هذا الفيلسوف الكبير واللاهوتي طبيباً للسلطان صلاح الدين* . وكان مم اشهر القائلين بعلاقة الجسم والنفس . اوما يسمى اليوم بالطب النفساني الجسدي . كتب موسى ابن ميمون ، ودائماً بناء لطلب الملك ـ حوالي 10 كتب تتناول موضوع حفظ الصحة ، والبواسير ، والحياة الزوجية الجنسية والسموم والبلاسم والربو واسباب الامراض والاقوال الماثورة عن هيبوقراط ، والشروحات الـ 16 لكتب غاليان ، وكتب اخيراً حكمه الخاصة « بيركي موشي Prike Moshé » . وكل هذه الكتب يجب ان يضاف اليها كتاب المصطلحات او المادة الطبية ، وقد كتبت كلها بالعربية ، ثم ترجمت تقريباً بكاملها الى العبرية واللاتينية والفرنسية والالمانية والانكليزية . ونجد عند ابن ميمون تأثير التلمود وتأثير المؤلفين اليونان الرومان وتاثير الرازي . وكان يؤمن مثل هذا الاخير بالطبيعة التي « تشفي » . وقد اعطى مكاناً مهماً جداً للوقاية

(1) لم يسمع احد بهذا الاسم . (الترجمة)

(*) هكذا

الصحية ليس فقط في المعالجة الوقائية بل بالمعالجة الاستطبابية . وكان جراحو القرون الوسطى الكبار امثال غي شولياك Guy de Chauliac وارنود فيلنوف Arnaud Villeneuve وهنري موندفيل Henri de Mondeville يستشهدون به كثيراً في كتبهم تحت اسم ربي موسى .

الاطباء الممارسون : تميز عدد كبير من الاطباء اليهود الاسبان والبرتغال اما كمؤلفين واما كاطباء ملوك . فقد اختار الفونس السادس ملك قشتالة والفونس العاشر والفونس الحادي عشر وهنري الثالث الخ اطباء يهود . وكان جون الثاني ملك البرتغال قد اختار طبيباً خاصاً وهو الفلكي جوزي فيزينهو José Bernal والجراح ماركو Marcoوفي ايام الاضطهادات ضد اليهود في اسبانيا سنة 1391 اثار الطبيب بروفيات دوران Profiat Duran (ايفودي Efodi) شجاعة ابناء ملته ، في حين الف الربين سمحادوران Rabbin Zemah Duran وقد التجأ الى الجزائر كتابه « درع الاباء » (ماغن ابوث Maguen Aboth) وضمنه العديد من الفصول المتعلقة بفن التوليد والطبابة النسائية . وبعد استبعاد اليهود من اسبانيا سنة 1492 ومن البرتغال سنة 1497 انتهى واحد من اجمل فصول الطب والعلم عند اليهود .

وفي المانيا اختير اليهود غالباً كاطباء من قبل الملوك والامراء وحتى من قبل امراء الكنيسة ومن قبل بعض البلديات واذا كان هؤلاء الاطباء الممارسين قد تمتعوا بامتيازات عديدة لهم ولابناء طوائفهم الا انهم في اغلب الاحيان كانوا يتحملون المهانة والاضطهاد . وكان من الطبيبات اليهوديات الاولى الدكتورة سارا Sarah التي حصلت من رئيس الاساقفة جون Jean الثاني على الاذن بممارسة مهنتها في ورز بورغ سنة 1419 كما ان زميلتها زرلين Zerline قد استقرت في فرنكفورت . وكان الاطباء اليهود قليلي العدد في النمسا وبوهيميا وزومانيا وسويسرا . إلا انه يوجد منهم بعض الاطباء في البلاطات : من ذلك ان الامير اتيان Etinne الثالث ملك مولدافيا كان طبيبه الخاص يهودي من اسبانيا .

وفي ايطاليا لعب الاطباء اليهود دوراً مهماً كاطباء ممارسين او كمؤلفين ومترجمين للكتب الطبية ومن اشهر هؤلاء دونولو Donnolo الذي سبق وذكرناه كعالم فلكي وكصيدلي . ونذكر ايضاً ناثان هاميعيتا Nathan ha — Méati الذي ترجم كتاب القانون لابن سينا وبعض كتب غاليان وموسى بن ميمون . ونذكر أيضاً الفلكي والعالم الطبيعي كالونيموس Kalonymus بن كالونيموس Kalonymus ، طبيب روبر دنجو Roberg D'Angou في نابولي ، والطبيب ابراهام كونات من مونتو Konat Abraham (Mantoue) الذي كان واحداً من اوائل اليهود الذين امتلكوا مطبعة . ونذكر ليون مِسِّز وايلي دلمديغو Elie Delmedigo, Léon Messer وهما ممارسان وربينيان RaBBins (وكان لمدلديغو Delmedigo ، من بين تلاميذه في صف الفلسفة بيك دي لاميروندول الشهير Pic Mirandole وفيدال بالسوم Vidal Balsom وبنيامين Bengaminدي بورتاليوني Porta Leone ، وهم مؤلفو كتب في الاستطباب ، وموسى دي بالرم Moise De Palerme مترجم كتاب حول امراض الخيول . ونذكر اخيراً ان الباباوات بونيفاس Boniface التاسع ، اينوسات Innocentالسابع والكسندر Alexandre السادس وجول Julesالثاني وليون Léonالعاشر الخ قد اختاروا يهوداً كأطباء شخصيين .

مدرسة سالرن : تذكر الرواية غير الثابتة انه من بين مؤسسي هذه المدرسة كان هناك شخص اسمه هلينوس Helinus يعلم باللغة العبرية . ونفتقر الى المستندات بهذا الشأن . الا ان التأثير اليهودي لا جدال فيه . من ذلك ان بعض المؤلفين يعتقدون ان دونولو Donnolo السابق الذكر كان على اتصال بهذه المدرسة الذي يكلمنا عنها ايضاً الرحالة اليهودي الشهير في القرن 12 بنجامين التوديلي Benjamin Tudèle ، في رحلته (ماثوث Maassoth) . ومن بين الكتب المستعملة في سالرن Salerne كانت كتب اسحاق اسرائيلي التي ترجمت الى اللاتينية من قبل قسطنطين الافريقي . وقد اشتهر فيها عدة اطباء يهود منهم موسى ابن سالومون واللاتيني الشهير فراريوس Ferrarius (او فرج ابن سالومون Faradj Ibn Salomon) الذي ترجم بناء لامر شارل دونجو Anjou كتاب الحاوي للرازي . وقد ورد في مخطوطة هذه الرسالة وصفاً لسيرته .

مدارس الطب في مونبيلة ودافينيون : تعود إقامة اليهود في فرنسا الى العصر الروماني . وَرَدَّ الرابي عقيبة وجودهم فيها الى القرن الثاني ودوم بوليكارت دي لاريفيار Dom Polycarpe De La Riviére الى حوالي سنة 300 .

ولكن نشاط علماء اليهود معروف لدينا منذ أن تأسست في ناربون فيلاجوديكا Judaica من قبل رابي ماهير Rabbi Mahir ، وهو عالم يهودي ارسله هارون الرشيد الى فرنسا بناء لطلب شارلمان Charlemagne . وعلم الرابي ماهير العلوم التلمودية في المدرسة التي اسسها واعطى اهمية للعلوم البيطرية وربما للطب . واسست مدارس اخرى تلمودية في بيزيه وارل Béziers Arles ولونل ونيمس Lunel Nimes وتولوز Toulouse وكاركاسون Carcassonne الخ ، ثم في شمال فرنسا في باريس وسنس وايفرو Sens Évreux وترويس Troyes . وكان رئيس هذه المدرسة الاخيرة العالم الشارح رابي سالومون R. Salamon بن اسحاق (الراشي Rashi) . وسنداً لمختلف المؤرخين في الطب ، ذهب احد تلامذة الرابي ابون Abbon النار بوني Narbonne الى مونبليه واسس فيها مدرسة يعلم فيها الطب فقط . واذاً يكون هذا التلمودي المغفل احد مؤسسي مدرسة الطب في مونبليه ، حوالى 1021 . وقام علماء آخرون يهود وغير يهود (من المسلمين؟) وانضموا اليه ليعلموا في مونبليه، الأولون بالعبرية والثانون بالعربية ، وآخرون باللاتينية ثم بالبروفنسية فيما بعد .

وبمناسبة اعياد المئة السابعة لتأسيس كلية مونبليه عكف عدة علماء على هذه المسألة الشائكة، مسألة نشأة هذه الكلية. وفيما يلي رأي الاستاذ فيرس Vires بهذا الشأن: « في لانغيدوك Languedoc السفلى ، ومنذ القرن التاسع ، وجدت مدارس ربينيه للطب في لونل وناربون وبيزيه ، وآرل ونيمس . وقد حرص الاطباء العرب الآتون من اسبانيا ، على الاقامة في المدينة الشابة ، حيث كان التساهل في العادات مقبولاً نسبياً . فاليهود والعرب ، تلامذة ابن سينا ، جلبوا معهم العلم العربي ، المطبوع بذاته بالفكر الطبي اليوناني . كان ذلك سنة 1020 — 1030 تقريباً . ولمعت سالرن في يطاليا بشهرة لا تضاهى . وذهب طلاب مسيحيون من مونبليه في اواخر القرن الحادي عشر يفتشون فيها عن استكمال لتعليمهم المحلي ، وبعد عودتهم الى مونبليه ، كان ابناء سالرن يعلمون طب بلدهم . هذه هي على الاقل مجموعتان من المدارس الطبية : المعلمون اليهود العرب

والمعلمون المسيحيون ، السالرنيون » .

وكتب الاستاذ فورغس Forgues بدوره : « الثابت المؤكد ، هو انه ، في القرن 12 ، كان في مونبليه مركز عملي وتعليمي طبي جراحي ، موجوداً ، في مدرستنا ، انما غير منتظم ، ساهم العنصر اليهودي والعربي بقوة في تكوينه . وانه من الاحداث البارزة في تاريخنا هذا الدور الذي لعبه الاطباء العرب واليهود في وضع اساسات مدرستنا . والحقيقة انه ، بالنسبة الى جامعة كانت الكنيسة الكاثوليكية الرومانية، في سنة 1220 عرابتها ومؤسستها ـ توجد بدايات هرطوقية . وهذا ما يفسر كيف اصبح العرب واليهود في القرن 12 — 11 — 10 ، المؤتمنين الوحيدين على المعارف الطبية ، وكيف كانت المدارس المسلمة في اسبانيا مزدهرة مثل مدارس اسيا . . . فضلاً عن ذلك . التجأ المسلمون والمسيحيون واليهود المطرودون من اسبانيا الى لانغدوك ، فكانوا عوامل اتصال ثمينة ، ووسطاء نابغين في مجال الافكار والتجارة . كانوا مستوردين وتراجمة لاهم الكتب الرئيسية العربية من اسبانيا ، ثم نقلوها الى العبرية ، وهذا ما يفسر الكلمات الغريبة التي اثقلت بها لغة الطلاب العائدين من مونبليه ، حسب قول ساليسبوري Salisbury اسقف شارتر .

وهناك حدث آخر ملحوظ ، هو نظام الحرية ، حتى الفوضى ، الذي ساد تلك الحقبة الاساسية في مدارسنا الأولى في مونبليه ، والذي يجد تعبيره الرسمي في التصريح الشهير الذي ادلى به غليوم Guillaume الثامن بتاريخ كانون الثاني سنة 1181 . لاحكر ، ولارتبة ، حرية تعليم كاملة وخاصة ، وحرية ممارسة . ان اول قادم ، دون تمييز في البلد والدين ، يمكنه ان يعلم في المدينة السيادية ، مدينة غليوم .انها الدعوة لكل القيم ،ولكل المنافسات .المصلحون والاطباء الممارسون هم حكام اعمالهم »

ان هذا الدور الذي قام به العلماء اليهود في تأسيس مدرسة الطب في مونبليه مؤكد بشهادة جان استروك Jean Astruc (القرن 18) . « لقد رأينا ان غليوم Guillaume ، ابن ماتيلدا Mathilde ، قد اعطى سنة 1180 ، الحرية لكل الناس كي يعلموا الطب بدون استثناء . ولما كان هناك الكثير من اليهود الموثوقين في مونبليه ، فمن الظاهر انهم اقاموا فيها طويلاً واحتفظوا بحق الدراسة فيها والتعليم . ويجب الاعتراف حتى ، بأنهم هم جزئياً اصحاب الفضل في السمعة التي نالتها كلية مونبليه ، عند نشأتها ، لأنهم كانوا في القرون 10—11—12 ، تقريباً المؤتمنين الوحيدين على هذا العلم في اوروبا ، وانهم هم الذين اوصلوا هذا العلم من العرب الى المسيحيين » .

نحن لا نعرف من اين جاء ي. كارمولي E. Carmoly بان تاريخ تأسيس مدرسة الطب في مونبليه هو1021 ؟ ورغم ذلك يبقى ان الاطباء اليهود الذين كانوا يمارسون الطب ، وكذلك الاطباء الملحقين بالمدارس التلمودية في لانغدوك Languedoc ، قد ظهروا حتماً بين اعضاء الجسم التعليمي ، في مدارس الطب في مونبليه ، قبل الافتتاح الرسمي للكلية من قبل الكاردينال كونراد Conrad ، في آب 1220 . (راجع مقالنا « الاطباء اليهود ، وتأسيس مدرسة مونبليه الطبية » ,1965 ,93 - 79 P) 68 R.H.M.H) n° . كتب ي . ويكرشيمر E.Wickersheimer : « كثيرة هي المراجع التي يمكن من خلالها اعادة تكوين ماضي الجامعة القديمة منذ تأسيسها سنة 1220 . وفي اي منها لم يرد ذكر يهودي واحد ولا عربي واحد » (المسألة اليهودية العربية في مونبليه ، في جانوس 13 ، 1927 ،

ص 465—473 ، راجع ص 470) .

غياب الاطباء اليهود من لائحة الاساتذة ابتداء من 1220 يفسر برأينا بان الكنيسة لم تشأ في تلك الحقبة ان تستخدم اطباء من اصل يهودي . وبعد عدة قرون نجد آل سابورتا Saporta من اصل يهودي اسباني من بين اعضاء الهيئة التعليمية . (راجع مقالنا في R.H.M.H) .

وبعد موبيليه ننتقل الى آفينيون حيث يبرز دور العلماء اليهود مهماً ايضاً في شهرة مدرسة الطب .

هذا رأي احد افاضل المؤرخين لهذه الكلية وهو فيكتورين لافال Victorin Laval : « من كل ما مضى ، ليس من الوقاحة في شيء التأكيد انه من هذه المراكز المختلفة ، من سالرم ، ومن المدارس اليهودية في الشاطىء ومن مدرسة مونبليه انتقل العنصر العلمي اليهودي ايضا الى آفينيون جالبا معه اليها النظريات الطبية العربية . وفي القرن الثاني عشر كان عددهم كبيراً حتى انهم شكلوا فيها طائفة جعلت الامبراطور فريدريك يأمر بوضعها تحت رعاية الاسقف ، وكذلك بموجب براءة صدرت سنة 1178 . ولم يتوقف التوطن فيها ، خاصة عندما اضطهدهم فيليب ليبل Philippe Le Bel فاضطروا الى مغادرة لانغدوك وتوطنوا في آفينيون وهي ارض مضيافة امن لهم تسامح البابا فيها حرية نسبية وحماية فعالة . ولكنهم ان تكاثروا في آفينيون فليس ذلك من اجل التجارة او فتح المصارف او صنع النسيج او اخذ المزارعات من الدولة او القيام بأعمال الوساطة في كل مجاري المعاملات ، بل وايضاً ، وبشكل خاص ، من اجل ممارسة الطب فيها لانهم برعوا فيه بشكل اكيد بالنسبة الى المسيحيين . بل انهم دُعوا اليها لهذه الغاية . دليل ذلك ان الفونس Alphonse امير بواتيي ، بعد ان مرض في آفينيون استدعى من اسبانيا واحداً من اطبائهم في علم العيون . ودليل ذلك ، أيضاً ان جانّه ديـنافار De Navarre التي اسندت حسب اقوال نوستراداموس Nostradamus (تاريخ بروفنسا ص 427) الى يهودي آخر هو باروك آهين Baruck Ahin ، من آرل ، العناية بصحتها ، ودليل ذلك ايضاً ان البابا بِنْوَا 13 Benoît جعل طبيبه الخاص يهودياً مرتداً هو جوزوي هالوركي Halorqui ، والذي اصبح فيما بعد اسقفاً اعلى في اسبانيا تحت اسم جيروم سانت فوا Jérôme De Sainte-Foy .

بيّن س . بايل S.Bayle انه في القرن الرابع عشر والخامس عشر بقيت ممارسة الطب في آفينيون بين يدي اليهود بصورة شبه كاملة .

ويتبين كثرة عدد الاطباء اليهود في فرنسا ، من خلال قاموس حياة الاطباء الذي وضعه ارنست ويكرشنير Ernest Wickersheiner ، ومن خلال ارومات كتاب العدل ، وغيرها من المستندات في ذلك الحين . وقد لجأ الى عنايتهم ملوك فرنسا امثال : لويس دي بونير Louis Le Débonnaire ، وشارل شوف Charles Le Chauve ، وهوغ كابي Hugues Capet ، وريني آنجو René D'Angou والعديد من الملوك والاعيان الآخرين في فرنسا . وتميز العديد من الاطباء اليهود في فرنسا بانهم مؤلفين اصيلين او مترجمين ؛ من بين هؤلاء نذكر عائلة آل تبوني Tibbonide الشهيرة

واول افراد هذه العائلة المستقرة في بروفنسا كان صموئيل ابن جودة ابن تيبون Samuel Ben

Judah Ibn Tibbon . وهو اشهر مترجمي موسى بن ميمون ، وتخصص ابنه موسى ابن تيمون Moses Ibn Tibbon في ترجمة المؤلفات الطبية لهذا المؤلف ، ومنها رسائل : السموم البواسير والحياة الجنسية ، والوقاية الصحية . وآخر اعضاء هذه العائلة واشهرهم كان جاكوب بن ماهير بن تيبون Jacob Ben Mahir Ibn Tibbon ، عميد كلية الطب في مونبيلي حوالي سنة 1300 . وكان فلكياً مشهوراً ذكره كوبرنيك ورينهولد Copernic, Reinhold ، وكلافيوس Clavius .

نذكر ايضاً شمطوب بن ايزاك Schemtob Ben Isaac مترجم مؤلفات ارسطو وابن سينا وابو القاسم والرازي وموسى النربوني Narbonne (مستر فيدال Vidal) الذي حرر الحكم الطبية شعراً باسم « ديرك هاييم Dérèk Hayyim » اودرب الحياة ، ور . جرسون R Gerson بن هيزكيا Ben Hezdkiyath الذي الف مطولاً في الطب شعراً سماه كتاب حكمتي (سفر آف حكمتي Séfer Aff Hakmati) .

الخلاصة : تدلنا هذه الدراسة ان العلماء اليهود قد درسوا كل العلوم الوسيطية وان بدا نشاطهم احياناً متأثراً بالقوانين المعيقة التمييزية . ففي الرياضيات وفي علم الفلك ، وضعوا المطولات الاضيلة والشروح والترجمات وصنعوا العديد من الآلات التي استخدمت وافادت ملاحي القرن الخامس عشر . وفي مجال العلوم الطبيعية ساهموا في تحديد هوية الحيوانات والنباتات بفضل اعمالهم التصيفية المعجمية . وفي مجال الصيدلة ، وعلم اسس الادوية برعوا باعمال اصيلة وفي الترجمات . وفي مجال الطب ساهموا في تأسيس وفي تطوير المدارس الطبية في كل من سالرن ومونبيليه وآفينيون . وقدموا خدماتهم الى المرضى منفردين وجماعات . ولجأ الى فنهم الملوك والسلاطين والامراء والباباوات وبقية اعيان الكنيسة ، الذين قدموا لهم الامتيازات . وهنا ايضاً اشتهروا باعمال اصيلة وبشروحات وترجمات . ويمكن القول انه جزئياً ، بفضل الترجمات التي قام بها العلماء اليهود ، اصبح العلم اليوناني ـ الروماني في متناول الغرب ، وان العلم العربي انتشر بفضلهم في اوروبا الغربية . ولهذا يعتبرون بحق الوسطاء العلميين الرئيسيين بين الشرق والغرب .

المراجع

G. SARTON, *Introduction to the History of Science*, 3 t. en 5 vol., Baltimore, 1927-1948. — *Universal (the) Jewish Encyclopedia*, 10 vol., New York, 1939-1948. — C. ROTH, *The Jewish contribution to civilisation*, Londres, 1938. — M. STEINSCHNEIDER, *Hebraïsche Übersetzungen des Mittelalters und die Juden als Dolmetcher*, Berlin, 1893. — Ch. SINGER et div., *Le legs d'Israël*, Paris, 1931. — W. M. FELDMANN, *Rabbinical mathematics and astronomy*, Londres, 1931. — M. STEINSCHNEIDER, *Die jüdischen Mathematiker und die jüdischen anonymen mathematischen Schriften*, Francfort, 1901. — H. FRIEDENWALD, *The Jews and Medicine*, Baltimore, 1944 ; *Jewish Luminaries in medical History*, Baltimore, 1946. — S. R. KAGAN, *Jewish Medicine*, Boston, 1952. — J. O. LEIBOWITZ, « La médecine dans la Bible », in *Lexicon Biblicum*, 2 vol., Tel-Aviv, 1965 : vol. II, pp. 807-816. — J. PREUSS, *Biblisch-Talmudische Medizin*, Berlin, 1911.

Périodiques : *Hebrew Medical Journal* (New York, depuis 1929, semestr. ; réd. : M. EINHORN). — *Koroth* (Jérusalem et Tel-Aviv, depuis 1948, revue trimestr. d'histoire de la médecine et des sciences ; réd. : J. O. LEIBOWITZ, S. MUNTNER et D. MARGALIT). — *Revue d'histoire de la médecine hébraïque* (Paris, depuis 1948, trimestr. ; réd. : I. SIMON).

الفصل الثامن

العلم في الغرب الوسيطي المسيحي

القرون الوسطى المسيحية والتقدم العلمي : هذه هي بالنسبة الى عامة الناس مفاهيم لا يمكن ان تتوافق . فثمار الاعجوبة اليونانية ، لم تقع في مهاوي النسيان طيلة اكثر من الف سنة ، الا لتنتشل ، مثل الرخام القديم من قبل العلماء الانسانيين في عصر النهضة ؟ ! .

هذا التصور الخاطىء يرتكز على تشبيه مضلل مع تاريخ الادب والفنون الجميلة . فالانتاج الادبي المنقول بواسطة لغة ساميّة فقد افضل ما فيه من عبير . ولكن الامر اختلف بالنسبة الى النصوص العلمية الاكثر اهمية . وعن طريق العرب ـ وبواسطة الترجمات المباشرة ايضاً ـ وصلت هذه النصوص الى المفكرين الغربيين، مطعمة احياناً بتقديمات هندية وايرانية او اسلامية . ويجب التذكير هنا بان الموقف الموسوعي الذي وقفه العلماء الانسانيون ، لم يكن مسبقاً اكثر خصباً من الاهتمامات التيولوجية عند معلمي القرون الوسطى . فاعاظم العلماء من القرن السادس عشر كانوا في اغلب الاحيان رجالاً « غير مثقفين » ، فضلاً عن ذلك لم تحدث الثورة العلمية الحقة الا في فجر القرن السابع عشر .

عندما ننظر الى مفهوم القرون الوسطى بالذات ، نراه فارغاً من المعنى . فبوجه عام تغطى هذه الحقبة اربعة فترات مختلفة جداً .

الفترة الأولى تمتد من الغزوات البربرية حتى بداية القرن الحادي عشر (ان الرعب في السنة الف هو اسطورة ، ولكن التاريخ بالذات يمكن ان يستخدم كمفصل) والقرون الوسطى العليا هي بدون شك عصر تراجع اقتصادي واضطراب سياسي ، وتوحش همجي . اما ما يسمى بالنهضة الكارولنجية فليست الا استراحة سطحية عابرة .

وفجأة استيقظت اوروبا في القرن الحادي عشر والقرن الثاني عشر : وقد شاهد المورخ تضخماً ديموغرافياً احدث ضمة من النتائج (استصلاح اراضي زراعية من الغابات ، نمو المدن والاسلاك الرهبانية ، الحروب الصليبية ، بناء الكنائس الاكثر اتساعاً) : وارتفعت الاسعار وزاد التداول النقدي . وازدهرت التجارة بمقدار ما استطاع الملوك السيطرة التدريجية على الفوضى الاقطاعية .

وساعدت المواصلات الدولية الاغزر على دخول العلم العربي الى الغرب .

وبدا القرن الثالث عشر ذروة القرون الوسطى : ودليل ذلك بالنسبة الينا هو ازدهار الجامعات السريع حيث اشتهر البير Albert الكبير والقديس توما اورجر بيكون Thomas Ou Roger Bacom .

وكان القرن الرابع عشر عصراً صعباً بالمعنى المزدوج للكلمة : فقد توصلت البروجوازية الى الحكم ، وقام فكر علماني ـ وان بدا مؤمناً حتماً ـ فطبع بطابعه الادب والحقوق . ولم تعد السلطة ولا البابا، نفسه يوحيان بالاحترام . وكانت المواسم عاطلة في العقد الثاني من القرن . وبدأت حرب المئة سنة . وحدث اول افلاس مصرفي ذي اهمية عالمية سنة 1345 . وحصد الطاعون الكبير بين 1347 — 1348 اوروبا محطماً بقسوة الأسلاك الرهبانية . هذه الأوضاع كان لها انعكاسات متناقضة : حرج النخبات الفكرية ضد او تجاه كلاسيكية القرن الماضي ، تعلق الجماهير بالتصوف الاكثر اضطراباً ، وبالاوهام والاضاليل غير المعقولة .

اما القرون الوسطى السفلى (1350 — 1450) فتبدو من خلال تراجع اقتصادي وديموغرافي ، ربما يعوضه جهد تقني اكثر وعياً . وكانت الجامعات في تراجع وتقهقر . ولكن العلم تخلص عندما حاول ان يندمج في الحياة العملية (محاسبة ، طب ، اكتشافات كبرى)

واذاً نسجل اربع مراحل متتالية :

1 - ظلمات القرون الوسطى العليا (من القرن الخامس حتى القرن العاشر) .

2 - **يقظة** اوروبا والتأثيرات الاسلامية (القرن 11 — 12) .

3 - نهضة الجامعات ، والعصر الذهبي للعلم « المدرسي » (القرن 13 وبداية القرن 14). .

4 - تقهقر الجامعات وترابط العلوم والتقنيات (1350 — 1450) .

1 - القرون الوسطى العليا ، وبقايا العلم القديم

غارات البرابرة : ان الحدث الاساسي في القرون الوسطى هو الهجوم على الامبراطورية الرومانية الذي قامت به القبائل الجرمانية . وكانت هذه القبائل قد دفعتها القبائل السلافية التي دفعتها قبائل الهونز . ودار جدل طويل حول مسألة : « هل دبحت روما » ام ان نوعاً من السرطان الاقتصادي والاجتماعي والاخلاقي قد قضى عليها ، فانتظرت ، مريضة ضربة الرحمة . من المؤكد ، فيما خص العلوم بشكل خاص ، انه تحت التاثير المزدوج لخضوع كبير للتقنيات العملية المفيدة ، وللتسمم البطيء من جراء الاتصال بالتصوف الشرقي ، وبالسحر ، ثم بالافلاطونية الحديثة . من جراء ذلك كله كانت روما تتهاوى . اننا نسجل انه لا المسيحية ولا الغزوات البربرية ، يمكن ان تؤخذ كمسئولة وحيدة عن تهاوي العلم القديم .

ولكن الانقلاب الذي قام به اودواكر Odoacre ، فوضع حداً نهائياً لحكم آخر امبراطور غربي سنة 476 كرس بداية عهد جديد . وتجزأت « رومانيا » . وضعفت اللغة اللاتينية امام اللغات المحكية الجرمانية : وفي منتصف عدم الامان العام اهمل الادب واهملت الكتابة بالذات في غالية Gaule بشكل خاص ، وتطورت لتصبح كتابة عادية صعبة القراءة ومتقهقرة .

المؤسسون : ومع ذلك فقد وعى بعض الرجال المهمة الثقيلة التي تقع على عاتقهم وهي انقاذ الارث ونقله ، ارث الاقدمين . وبدا بويس Boèce (524) بفضل حسابه النظري ، وموسيقاه ، وتراجمه لمؤلفات ارسطو المنطقية ، وبشكل خاص كتابه العزاء الفلسفي ، وكأنه آخر روماني ، وكأنه مع القديس اوغسطين مؤسس الفكر الوسيطي ولم يكتف تلميذه كسيادور Cassidore ان يشجع اتباعه من رجال الدين على نقل المخطوطات القديمة ، بل الف بنفسه كتاب «المؤسسات» الشهير ، الذي مهما بدا فقيراً فانه يشكل ، رغم ذلك ، نوعاً من المدخل المرجعي لدراسة العلوم . وكرس هذا الكتاب ، اضافة الى ذلك ، قسمة الفنون الحرة ، برأي مارتينوس كابيلا Martianus Capella الى ثلاثية (هي المنطق والنحو وعلم البيان) والى رباعية (الحساب ، الجيومتريا ، الموسيقى ، وعلم الفلك) .

وعاد بعضهم الى المؤسسات فطورها ضمن مجموعة ضخمة هي اتيمولوجيا (علم الاشتقاق) ايزودور اسقف اشبيليا ، حوالي سنة 600 . وبحجة الشروحات اللغوية ، غير المثبتة في اغلب الاحيان ، قدمت هذه الموسوعة « *مختصراً* » للفنون الحرة وللجغرافيا وللعلوم الطبيعية وللزراعة وللفنون والتقنيات . ونظراً لانعدام المصدر الآخر ، عاد المؤلفون الوسيطيون اليها في اغلب الاحيان ليستمدوا منها مراجعهم واسانيدهم .

وفي انكلترا وجد عمل مشابه منقذ قام به بدون كلل بيد المحترم (735) . وقد اظهر هذا الرجل الذي اكتفى في تكوينه بقراءة بلين Pline وايزيدور Isidore ، ميلاً للعلوم الخالصة التي جعلت منه اختصاصياً في العد وفي الحساب (فقد امن فوز العصر المسيحي بحسب تعداد دنيس Denys الصغير . وبقي كتابه « لوكيلا برجستوم Loquela Per Gestum...) اساس الحساب العددي في الغرب) . واكثر من ذلك ايضاً ، رصد بنفسه علاقات المد والجزر وحركات القمر والرياح ومنقلب الاعتدالين ، والاعتدالين . ودون ايضاً تغيراتها من نقطة الى نقطة فوق الشواطىء الانكليزية (وهو ما يسمى اليوم بمؤسسة المرفأ) .

النهضة الكارولنجية المزعومة : إذا قبلنا ـ رغم الوقع السياسي والاخلاقي ـ بان مجيء العائلة الكارولنجية ، واقامة امبراطورية الغرب سنة 800 ، لم يغيرا بشكل محسوس شروط الحياة ، ولا عدلا بشكل جدي تطور المجتمع نحو الاقطاعية ، ونحو النظام السيادي ، فبالامكان ، وعلى نفس النسق التساؤل عن المجال الذي تغطيه ، بحق ، في المجال العلمي ، النهضة الادبية التي رعاها شارلمان Charlemange .

المهم تحقيق مدينة الله على الأرض ولكن كيف التوصل إلى ذلك في إدارة وفي كهنوت اعضاؤه في معظمهم من الأميين ؟ في حين تقضي الأوامر المجمعية الصادرة سنة 789 بفتح مدارس في الاسقفيات

وفي الأديرة تعلم فيها المزامير والسولفيج ، والغناء والعد الكنسي والنحو وكذلك نشأت بتشجيع الكوين Alcuin مدرسة بالاتينا Palatine الشهيرة . (مدرسة البلاط) .

وكما هو الحال في النهضة الكبرى تميزت نهضة القرن التاسع بتقدمين محسوسين تماماً بالنسبة الى العلماء الموسوعيين : ابتكار خط جميل وصغير مقروء جداً ، ثم احياء اللغة اللاتينية الاصيلة . وفي المجال العلمي الخالص ظلت الانجازات شبه معدومة تقريباً .

ولم تشكل احكام (بروبوزيسيوني ... Propositiones) الكوين Alcuin الا مجموعة من العاب المجتمع (امثال مسألة الازواج الثلاثة ونسائهم الغيورين والشبقين بآن واحد ، الذين يجب عليهم قطع نهر بواسطة قارب يتسع فقط لشخصين) . اما الكتابات العلمية لتلميذه رهبان مور (776 — 856) فقد نقلت كتاب : ايزودور الاشبيلي Isidore De Séville مع بعض المقتبسات السطحية من التصورات الذرية المأخوذة عن لوكريس Lucrèce .

والف الايرلندي ديكويل Dicuil سنة 825 كتاب عنوانه « منصورة اوربيس تيرا Mensura Orbis Terrae » وفيه يردد الكلمات المستقاة من افواه الرحالة المعاصرين بدون شك . وبصورة خاصة بدت مهمة المقاطع المتعلقة بمصر وبالجزر الشمالية (ربما اسلندا او جزر فيرو) .

جان سكوت اراجين : كان هناك ايرلندي آخر هو جان سكوت اراجين Jean Scot Érigène عاش في بلاط الملك شارل شوف Charles Chauve بين 845 و870 ، وسيطرت شخصيته السامية على كل الحقبة الكارولنجية . وهو مدينٌ بذلك إلى معرفته باللغة اللاتينية ، معرفة ضعيفة بالتأكيد ولكنها استثنائية : اذ اتاحت له ان يترجم الى اللاتينية مؤلفات دنيس Denys المزعوم الاربوباجي Aréopagite ، والتي قدم مخطوطاً منها مندوبو ميشال لوبيغ Michel Le Bègue الى لويس Louis التقي سنة 827 . فاستقى منها جوهرة كتابه « الملحمة الميتافيزيكية » وهو بناء مذهل ومشبوه في نظر المعاصرين ، إلا ان الكنيسة قررت الغائه رسمياً بعد ثلاثة قرون ونصف . وكتاب « ديفيزيون ناتورة Divisione Naturae » بفعل جوه الافلاطوني الحديث الخالص يهم تاريخ العلوم بفضل النظريات الفلكية الواردة فيه .

كان نظام هيراقليد Héraclide الابونتي الذي يجعل فينوس Vénus وعطارد Mercure يدوران حول الشمس معروفاً في القرن التاسع بفضل كتاب مارتيانوس كابيلا Martianus Capella وعنوانه « نوس Noces » وبفضل شرح شالسيديوس Chalcidius لكتاب « تيمي Timée » ، والى حدٍ ما ، بفضل تعليقات ماكروب Macrobe حول « حلم سيبيون Scipion » لشيشرون Cicéron . واعتمد جان سكوت Jean Scot وعمم هذا النظام : « اما الكواكب التي تدور حول الشمس ، فتتخذ الواناً مختلفة بحسب نوعية المناطق التي تجتازها ، واريد الكلام عن جوبيتر Jupiter ، وعن مارس Mars ، وعن فينوس Vénus وعن عطارد Mercure التي تدور كلها حول الشمس كما علم ذلك افلاطون (والقصد شالسيديوس Chalcidius) في كتاب تيمي Timée . وعندما تصبح هذه الكواكب فوق الشمس تعطينا وجهاً نقياً : وتعطينا اياه احمر عندما تكون تحت الشمس » .

يجب ان نحذر من اعتبار هذه المركزية الشمسية كأنها طليعة : بل هي ، بالعكس من ذلك ، وطيلة القرون الوسطى ، السمة المميزة للفلكيين المتأخرين عن معارف عصرهم . ويكفي فضلاً عن ذلك ان نشير ، لكي نضع علم هذا الارلندي في مكانته ، الى انه كان يعتقد بان المسافة بين الارض والقمر تساوي قطر الارض وانه حسب هذا القطر ، عندما قسم على اثنين طول محيط الأرض الذي قدره آراتوستين Ératosthène .

وبالنتيجة ، يمكن التأكيد بأن النهضة الكارولنجية قلما ساعدت علوم الرباعية التي عليها سوف تمارس ، فيما بعد ، تأثيراتُ الافلاطونية الجديدة ، تأثيراً اشد ايذاءً من تأثير بويس Boèce وكابيلا Capella وامثالهم . وكانت النتيجة تطبيق رمزية الاعداد على شرح النصوص المقدسة واهمية النسب البسيطة ، من اجل شرح العلاقات بين العناصر ، ثم مشابهة المسافات بين الكواكب بمدرج موسيقي .

وبالمقابل اتاح تعدد المدارس ، والسكريبتوريا Screptoria (أو حُجُراتُ النساخ) لبقايا الثقافة القديمة ان تجتاز مصاعب الفوضى التي جاورت الهجمات النورماندية وتفكك الامبراطورية الكارولنجية .

II ـ دخول العلم الاسلامي الى الغرب

1 ـ التسربات الاولى : جربرت Gerbert ومدرسة سالرن

ان البقايا الباقية بعد الغرق ، بفضل الكتاب الكارولنجيين Carolingiens ، بدت عديمة القيمة ، اذا قورنت بالتراث الهليني الذي حصل عليه المسلمون ، والذي خصبوه بنوع من الانواع بفضل التلاقي بين التقديمات الدخيلة والهندية بشكل خاص . الكثير من المؤرخين يرفضون القول بأنه بين معركة بواتيه سنة 732 ، وآخر القرن العاشر ـ اي بالضبط في الحقبة التي كانت فيها هذه النهضة الكارولنجية المزعومة ـ لم يحدث اي تأثير على العلوم . وقد جرى التركيز على هدايا خليفة بغداد الى شارلمان Chalemagne . وعلى السفارات التي ارسلها الى قرطبة شارل شوف Charles Le Chauve سنة 864 ، واوتون Otton الأول (جان دي غورز Jean De Gorze) : وجرى التذكير بالتأثير المبكر الذي لعبه الفن الاسلامي ودور اليهود فيما وراء البيريني بعد ان دحض آغوبار Agobard صحته .

جيربرت Gerbert : لقد نوقشت بدقة صحة واصالة اعمال جيربرت Gerbert التي ، بسبب عدم وجود برهان معاكس قاطع يجب علينا اعتباره اول عالم كبير عمم ونشر في اوروبا الارقام العربية والاسطرلاب .

ولد جيربرت بين 940 و945 ، ثم شغل منصب راهب في اوريلاك ثم تلميذاً داخلياً في رمس بين 972 و 982 واصبح الاباتي بوبيو Bobbio سنة 983 ، واثار الاهتمام حول اوتون Oton الأول ، وساعد هوغ كابي Hugues Capet في الارتقاء على العرش . ثم اصبح رئيس اساقفة رمس ثم رافين . واصبح بابا سنة 999 تحت اسم سيلفستر Sylvestre الثاني ومات في 12 ايار سنة 1003 ، بعد ان نازعته نفسه التمهيد لحرب صليبية .

والنقطة الرئيسية في مسيرة حياته تبقى نقطة اقامته في اسبانيا بين 967 و 969 تحت قيادة آتون Atton اسقف ڤيش . وليس من الضروري الافتراض انه ذهب الى قرطبة . ونشاط الدير الكاتالاني في سنتا ماريا Maria في ريبول Ripoll قدم مثلاً رائعاً لتطعيم العناصر العربية في جذع التراث الايزودوري . ومراسلات جيربرت تظهره لنا وهو يرجو من صديقه لوبيتوس Lupitus (او للوبت Llobet) في برشلونة ، ارسال كتاب عن علم التنجيم (ربما كان مخصصاً للاسطرلاب) او ايضاً ، وهو يسأل في سنة 984 الاسقف ميرون الجيروني Miron De Gérone ارسال كتاب « ميلتيبليكاسيوني وديفيزيوني شيميرورم » لشخص يسمى جوزيف هيسبانوس Joseph Hispanus .

ويثير المؤلف الرياضي الذي وضعه جيربرت Gerbert ، والذي اعتنى بنشره ن. بوبنوف N. Bubnov مشاكل انتقادية حادة جداً وكثيرة التعقيد الى درجة ان مسألة اصل الارقام المسماة عربية ما تزال تثير النقاش الحاد .

الارقام العربية : من جهتنا، نعتقد، مع د. ي. سميث D.E.Smith ول. ش. كاربنسكي L.C. Karpinski ، ان ارقامنا هي من مصدر هندي وانها جاءتنا الى الغرب بواسطة العرب . وانتشارها في اوروبا يرتبط باستعمال المعداد وهو جدول حسابي ، توضع فوقه الارقام ، في حال غياب الصفر ، بحسب مواقعها المتنوعة ضمن العامود الذي يحتويها . وهذا المعداد يختلف تماماً عن العدادة ذات الأكر والمأخوذة عن التراث الروماني . وهو لاحق تماماً لحقبة بويس Boèce : ووصف هذا المعداد في كتاب الجيومتريا لبويس يبدو وكأنه اقتباس او تحشية ضمن نص يبدو بذاته مزوراً . وقد استعمل في هذا المعداد ذي الاعمدة حصوات (آبيس Apices) من القرون رقمت فوقها الاعداد من 1 الى 9 اما بالاحرف الأولى من الفباء Alphabet اليونان واما بالاشارات :

ايجين Igin (1) ، اندراس Andras (2)، اورميس Ormis (3) ، ارباس Arbas (4)) ، كيماس Quimas (5) ، كاليتيس Caletis (6) ، زينيس Zenis (7) تيمينياس (8) Temenias ، سالنتيس celentis (9) .

وتدل الدراسة الباليوغرافية (علم دراسة النصوص القديمة) الواعية على ان انتشار هذه الطريقة الجديدة الحسابية في الغرب ، لم تتم ، بمقدار اعتقادنا ، من خلال المخطوطات . بل تمت بشكل تقنية تعلمها الناس شفوياً ، بحيث ان المتعلم الجديد حمل معه بعض الحصوات (آبسس Apices) استعملها عند عودته بالمقلوب .

وبحسب رأي غاليون مالمسبوري Guillaume De Malmesbury : كان جيربرت Gerbert اول من اخذ المعداد الأكثري من السرّازان Sarrasins ، اي العرب ، ووضع له قواعد فهمها بصعوبة وبكد المعداديون . وتبعه بعد ذلك تعليل بيرنيلينوس Bernelinus وهاريجر Heriger وآدلبولد Adalbole في نفس الطريق .

ولم يصل الحساب الجديد الا لقلة مختارة قليلة العدد : فقد كانت جداول الضرب والقسمة

صعبة جداً الامر الذي حمل الناس على استعمال طريقة « الفرق » والتي تشرح مبدأها الصورة التالية :

الفرق : 100 — 87 = 13 ....

87 : المقسوم عليه ....

المقسوم : 4019 ....

$\frac{4\,000}{100} = 40;\ 40 \times 13 = 520$ ....

نسحب اربعة من 4000 ; 19 + 520 = 539.

$\frac{500}{100} = 5;\ 5 \times 13 = 65$ ....

نسحب خمسة من 500 ; 39 + 65 = 104 ...

$\frac{100}{100} = 1;\ 13 \times 1 = 13$ ....

نسحب واحد من 100 ; الباقي : 13 + 4 = 17.

البقايا الجزئية : 40 + 5 + 1 ....

النتيجة : 46 ....

صورة 39 ـ مثل قسمة بالفرق وفقاً لطريقة معداد جيلبرت .

هذه هي آلية هذه العملية بالارقام الحديثة .

$$\frac{4\,019}{100-13} = \frac{4\,000}{100} + \frac{4\,000 \times 13}{100\,(100-13)} + \frac{19}{100-13} = 40 + \frac{(40 \times 13) + 19}{100-13} = 40 + \frac{539}{100-13}$$

Or : $$\frac{539}{100-13} = \frac{500}{100} + \frac{500 \times 13}{100\,(100-13)} + \frac{39}{100-13} = 5 + \frac{(5 \times 13) + 39}{100-13}$$

وفي بعض الاحيان كان يوضع « فيش » ابيض في الاعمدة الفارغة وهذا هو اصل كلمة زيرو (اي الفيش) او الصفر Cifra (الصفر تعني الفراغ) او سيفيرو Ciphero . ولكن بصورة تدريجية اصبحت الارقام تدون كما عند العرب فوق الرمل او فوق الغبار بدلاً من ان تحضر على قطع صغيرة من قرون الحيوانات ، وزالت الاعمدة بالذات : وزال المعداد الأُكري ليحل محله الالغوريتم . وشكلت الوسائل الجديدة في الحساب اذا قورنت بتعقيدات اللوجستيك اليوناني او علم الحساب اليوناني واحداً من اهم المقدمات الرئيسية للقرون الوسطى ، في خدمة المعدات العقلية للعلم الغربي .

الاسطرلاب : ربما بذات الحقبة ، حقبة المعداد ، وبنفس النهج النقلي المباشر ، ظهر الاسطرلاب في العالم اللاتيني .

ويقوم الاسطرلاب على اسقاطين متسطحين ، فوق سطح خط الاستواء (بالنسبة إلى . قطبه الجنوبي) ، اسقاطات كرتين ارضية وسماوية (اسقاط الاولى يشكل الافق ، اما الخطوط المتعلقة بارتفاع المكان الذي من اجله بنيت الآلة) . والصحنان الحاصلان بهذا الشكل (ويسميان الاول المسنن (الرفادة والثاني العنكبوت) يتراكمان حول محور مشترك يمثل محور الكون . وهكذا بتدوير العنكبوت (الخارطة السماوية) ، بحيث انها تشير في لحظة معينة الى موقع مطلق نقطة من السماء بالنسبة الى حقل الراصد ، فنحصل بصورة اوتوماتيكية على رسمة العالم في تلك اللحظة وعلى الحل البياني شبه الآني للمسائل الفلكية والتنجيمية (موقع بزوغ كوكب في وسط النهار ، ثم بزوغ وغروب الشمس في هذا المكان او ذاك في حقبة ما من السنة الخ) . وحتى عندما زُود الاسطرلاب ، بالجِداد او المعداد وبدائرة مرقمة ، فهو لم يستعمل إلّا بصورة عارضة جداً للرصد ، وبعد استجلاب الاسطرلاب من كاتالونيا بفضل جيربرت Gerbert (وربما بفضل للوبت Liobet من برشلونة) شاع بفضل الراهب ريشينو Reichenau ، وقلده هرمان Hermann .

وتميز عصر جيربرت باهتمام جديد بالرباعية . ونحن لا نريد مؤشرات اخرى غير الاعمال الاصيلة التي قام بها آبون دي فلوري Abbon De Fleury حول العد ، والمراسلة الرياضية (وان بدت تافهة) المتبادلة حوالي سنة 1025 بين مفتشي المدارس الاسقفية : راجيمبولدوس Ragimboldus من كولونيا Cologne ورندولفوس Randolf من الياج Liège ، وكذلك انتشار الرتيموماشي Rithmomachie (وهو نوع من لعبة الشطرنج تتصادم فيها الارقام المزدوجة بالارقام المفردة) : او ايضاً المجموعات المتعددة ، السيئة الترتيب غالباً المؤلفة من مقتطفات مأخوذة عن المساحين او الكياليين الرومان .وبفضل الاسقف فولبرت Fulbert استمرت هذه الحركة في مدرسة شارتر Chartres لكي تحمل ثمارها الى القرن الثالث عشر والى جامعة اوكسفورد فيما بعد .

الطب : وكما هو الحال بالرياضيات ، انما ضمن ظروف اخرى ، خرج الطب ايضاً من سباته . لا شك أن حداً ادنى من الروتين الطبي استمر يعيش بعد تهاوي الامبراطورية الرومانية . وتدل القوانين البربرية ومجموعة الشرائع الكارولنجية على وجود ممارسين من غير الكهنوت « علمانيين » يتناقلون معارفهم التجريبية بشكل تقنية حرفية .

ومع ذلك ، وبشكل خاص في الاديرة البندكية وفي المكتبات التي حفظت فيها المخطوطات القديمة ، وبفضل مقدمي الحسنات المسيحيين ، الى هؤلاء جميعاً يعود الفضل ، في هذه القرون الصعبة ، في اقامة المستشفيات ، وفي العناية ، بدافع المحبة ، بالبساتين النباتية الطبية الصغيرة ، وفي حفظ بعض شذرات الادب الطبي (بلين Pline ، كاليوس اورليانوس Aurelianus ، سلس Celse ، مقتطفات من المجموعة الهيبوقراطية لغاليان Galien وديسكوريد Dioscoride ، وبعض بقايا بول الايجيني Paul Égine او الكسندر الترالي Tralles) . وفي اغلب الاحيان ، وفي مونكاسين مثلاً ، كانت الزيارة الطبية الخالصة تقترن بواقع الحال بحجة مقرونة بالتعبد لرفات القديسين .

ويقدم كتاب « ليتش بوك Leech Book » للمؤلفين بالدوسيلد Bald et Cild (القرن العاشر) نموذجاً جيداً عن هذا الخليط من العناصر القديمة ، والمسيحية والشعبية : مثلاً الرجل المعقوص من صل ، يشرب ماءً مقدساً غمست فيه بزاقة .

مدرسة ساليرن : اذا كان هناك اجماع على الاعتراف بالتأثير الرئيسي لمدرسة ساليرن على التطورات اللآحقة في العلم وفي الطب، واذا كنا نمتلك ايضاً العديد العديد من المؤلفات الصادرة عن تعليم هذه المدرسة إلا ان تاريخها يبقى غير مؤكد، من جراء ان النصوص الاكثر اهمية قد تعرضت لتعديلات مستمرة (وبصورة خاصة كتاب انتيدوتير Antidotaire وكتاب الريجيم Régime) ، ومضمونها لا يمكن اسناده بدون تثبت الى المؤلفين المذكورين فوق النصوص ،والشائعي الذكر . ورغم الاسترسال في امتداح صفتها العلمانية ، تبدو مدرسة ساليرن مرتبطة بعلاقات وثيقة بمونكاسين Mont - Cassin ، وربما يجب البحث عن اساسها في بعض بيوت النقاهة التي اقامتها الاباتية البنذكتية القوية على ضفاف هذا الخليج الساحر حيث كان الرومان الاقدمون يأتون للاستحمام .

ويعزو التراث تأسيسها الى اربعة اساتذة كان كل منهم يعلِّمُ بلغته وهم : ساليرنوس Salernus باللاتينية وبونتوس Pontos باليونانية وآديلا Adela بالعربية وهيلينوس Helinus بالعبرية . وبالطبع ان هذا الحديث هو مجرد اسطورة ولكنه يبين بشكل واضح الموقع المميز لهذه الايطاليا الجنوبية حيث كانت الثقافة اللاتينية المحلية تتحد مع بقايا يونانية يغلب عليها الاحتلال البيزنطي القديم . في حين ان هجمات المسلمين ، اسياد صقلية اوجدت علاقات وثيقة مع الاسلام . وحالة اليهودي دونولو Donnolo الاطرنتي Otrante والملقب بشابيتاي Shabbetai بن ابراهام بن جول Abraham b. Joel (913 - 982) الذي بعد عدة سنوات من الاسر عند المغاربة Sarrasins كتب كتاباً في الترياق باللغة العبرية .

وحرر المعلمون الأولون مختصرات مستقاة من مصادر يونانية لاتينية ، لم يكتشف فيها النقاد العصريون اي تأثير عربي تقريباً : من ذلك مثلاً كتاب باسيوناريوس Passionarius لغاريوبانتوس Gariopontus ، وكتاب براكتيكا Practica لبترونسلو Petroncello او ترجمة نيميزيوس الاميزي Nemesius d'Emèse من قبل إلفانوس Alphanus ، فضلاً علم التوليد للقابلة تروتولا Trotula المشكوك في وجودها .

قسطنطين الافريقي : وظهر يومئذٍ قسطنطين الافريقي . وكان تاجراً من قرطاجة ترك عمله وانصرف الى الطب ثم الى المسيحية . وقد جمع في افريقيا العديد من المخطوطات لينقلها الى ساليرن . ولكنه فقد قسماً منها اثناء غرق السفينة . ودخل كراهب في مونكاسين حيث توفي سنة 1087 . وفيها كتب كل مؤلفاته . وهي ليست الا ترجمات ، في اغلب الاحيان غير معترف بها ، عثرت البحوث الحديثة ، بصورة تدريجية على اصولها العربية . وكان قسطنطين غير ضليع في التعامل مع النحو اللاتيني ، فاعطى ، رغم تصحيحات صديقه آتون Atton كتباً صعبة غامضة وفي اغلب الاحيان خاطئة . نذكر من أهمها كتاب بونتيغني Pantegni لعلي بن عباس وكتاب فياتيكوس Viaticus لابن الجزار

« والاحزان » لاسحاق بن امرام (عمران) وكذلك العديد من الكتب لهيبوقراط وغاليان .

تطور سالير ن : يبدو ان مدرسة سالير ن لم تلتق الا بصورة متأخرة تنظيماً جامعياً . والكتب المنسوبة اليها تدل على تقدم مهم في القرن الثاني عشر: معرفة افضل، قبل كل شيء، بالتشريح، بفضل الجراحة المنهجية للخنزير وهو حيوان يعتبر من داخله اكثر شبهاً بالانسان . ازدهار الجراحة مع روجر Roger (من فرغاردو Frugardo) ، حوالي سنة 1170 ، وكذلك وصفاته الحذرة المتعلقة بجراحة العظام والكسور الرأس ، والاورام السرطانية في الرحم والمخرج ، وبخاصة بجروح المعدة (وهو يشير الى العناية الفائقة التي يجب اتخاذها قبل ارجاع الكتلة الامعائية الى مكانها عندما تكون قد بردت) . والى الممارسين في سالير ن يعود الفضل ، بحسب رأي ر. ج. فوربس R.G. Forbes ، في معرفة تقطير الخمر ، وتكثيف بخار الكحول ، وكانوا في ذلك اولين . وكان لظهور هذا المذوب الجديد (غير المعروف من الاسكندريين ومن العرب) تأثير كبير وعميق على تحضير الادوية والطيوب .

2 ـ القرن الثاني عشر : عصر الترجمات الكبرى

في حين كانت ايطاليا الجنوبية تنعم بنفس الوضع الممتاز نعمت اسبانيا المسترجعة حيث لمع اسم ابو بكر (البوباسر Albubacer) ، وابن رشد وابن ميمون ، بنفس الامتياز ، واصبحت المركز الثقافي الكبير ، حيث كان مثقفو اوروبا كلها (بما فيهم الطليان) ، ياتون لاستقاء العلم من المصادر العربية ، وبالتالي استكشاف العلم الهليني . وكان آديلار الباتي Adélard de Bath ، مع قسطنطين الافريقي الرائد في هذه النهضة في القرن الثاني عشر .

آديلار الباتي Adélard de Bath : ولد هذا الرجل قبل سنة 1090 بقليل في باث (قرب بريستول) . ثم انتقل وهو شاب صغير الى فرنسا حيث درس في مدينة (تور بين) 1107,1105 ، وعلم في مدرسة لاون . ثم سافر في بادىء الامر الى صقلية ، سنة 1108 — 1109 ، ثم الى سيليسيا سنة 1114 ، واجرى قياسات فلكية في اورشليم سنة 1115 ، وزار بدون شك دمشق وبغداد وحتى مصر . وامضى في انكلترا سنوات رشده ، ثم انتقل الى صقلية حيث توفي بحوالي سنة 1160 .

وكان له كتاب حوار فلسفي اما كتابه « اودم Eodem وديفرسو Diverso » فقد بدا وكأن كتابه كتاب شباب . واما كتبه حول المعداد والاسطرلاب فكانا ضمن تراث جيربرت Gerbert . وقد افصح عن مدرسة طليطلة من خلال ترجماته اللاتينية للنصوص العربية (العناصر لاقليدس ، والمجسطي لبطليموس ، والازياج ، وكتاب ايساغوغارم للخوارزمي Ysagogarum al — Khwarizmi وينسب اليه ايضاً كتاب في تربية الصقور ، وتعديل في كتاب « مابا كلافيكولا Mappae Clavicula » وهي مجموعة خيميائية اشتهرت في القرون الوسطى بوصفاتها في تحضير الألوان .

كتب آديلار Adelard « المسائل الطبيعية » حوالي سنة 1116 . اي قبل ترجماته الكبرى . واذاً فهي لا تعطي صورة عن معارفه . وعرض هذه المسائل بشكل حوار جرى بين آديلار Adelard

بالذات (وهو متشبع بالعلوم العربية) وحفيده الذي ظل اميناً لمعلميه المسيحيين (اي اميناً للافلاطونية الحديثة الاوغسطينية السائدة يومئذٍ) . وفيها يستعرض مختلف المسائل البيولوجية بتدرج تصاعدي من النبات الى النفس الانسانية . وبعدها تأتي المسائل المتعلقة بالهيدروغرافيا وبالميتيرولوجيا وبعلم الفلك . وكان المؤلف مستقلاً عن النزعة الذرية السطحية نوعاً ما ، الا انه قلما تخلص من سيطرة الافلاطونية الحديثة ليرسم بداية منهج علمي ، وليؤكد على المصلحة القائمة على البحث عن الاسباب الطبيعية . كتب يقول : « اذا كانت مشيئة الخالق تقتضي بوجوب انبات النبات من الأرض ، فان هذه المشيئة ليست عارية من السبب » . وفي بعض الاحيان يصرح بشكل اعنف فيقول :

« هل من احد غيري تعلم على يد المعلمين العرب سلوك درب العقل ، فعليك من جهتك ان لا تعميك عماية السلطة ، اذ لو فعلت فكأنك قد ربطت برسن . اذ اي شيء توصف به السلطة غير وصف الرسن ؟ ان تركت نفسك تخضع للسلطة تكن كالحيوانات التي لا تعرف لا الى اين ولا الى ماذا تجر » .

الحروب الصليبية : يجب ان نقرن بآديلار الباثي Adelard de Bath اتيان البيزي Étienne De Pise او الانطاكي الذي ترجم ، بصورة افضل من قسطنطين الافريقي ، « ليبر ريغالي Liber Regalis لعلي ابن عباس ، كما الف معجماً يونانياً عربياً لاتينياً في « المادة الطبية » لديسكوريد Dioscoride .

ولكن للاسف يبدو هذان العالمان اللذان تكلمنا عنهما وكأنهما الوحيدان تقريباً ، اللذان يشهدان للحروب الصليبية ، التي ، بين 1095 و1270 حملت نحو الشرق الفرسان المسيحيين . وتفسر النشأة الاجتماعية للصليبيين انعدام التجاوب الفكري الذي كان لملحمتهم ، خارج نطاق الفن العسكري ، (معرفة النار اليونانية) وتربية الصقور (القبعة او الغطاء حل محل الطريقة التي كانت تقضي برفع جفن الصقر الاسفل بواسطة خيط من اجل تدجينه) .

الحركة الهلينية : ولكن هناك امر اهم. فعدا عن الهلينية عند الرهبان الباريسيين من جماعة سان دينيس Saint - Denis ، كان هناك في القرن الثاني عشر تيارات تبادل ثقافي بين ايطاليا وبيزنطة . وفي سنة 1136 مثلاً حدث نقاش امام جان الثاني كومنين Jean Comnène ، بين اتباع الكنائس الرومانية واتباع الكنيسة الارثوذكسية فترجم جاك Jacques البندقاني مباشرة من اليونانية منطق ارسطو الجديد وقام بورغنديو بيزانو Burgundio Pisano بعمل مماثل بالنسبة الى هيبوقراط وغاليان ويوحنا الدمشقي ، وكذلك بالنسبة الى كتاب غفل حول زراعة الكرمة . وكشف ليو توسكو Leo Tuscus للغرب ، عن طريق ترجمة بيزنطية لكتاب احمد ابن سيرين Sirin « الاستخارة او تفسير الاحلام » . وفي صقلية حيث اشتهر الجغرافي الشهير العربي الادريسي ، قدم آريستيب Aristippe القطاني ترجمة جيدة للكتاب الرابع من الميتيرولوجيا لارسطو ، مع الاهتمام شخصياً بثورات بركان اتنا سنة 1157 و1158 . وكان اوجين البالرمي Eugène de Palerme يعرف بآن واحد اليونانية والعربية واللاتينية : وترجم المجسطي واوبتيكا لبطليموس .

وللاسف ادى تحويل الحملة الصليبية الرابعة عن هدفها ، واستباحة القسطنطينية ، وانشاء

الامبراطورية اللاّتينية في الشرق ، 1204 — 1261 ، الى القضاء على هذه الحركة الانسانية المبكرة . ولن نجد لها في القرن الثالث عشر الا ممثلاً وحيداً في شخص غليوم دي موربيكي Guillaume de Moerbeke .

الترجمات في اسبانيا : ان مسار العلم القديم وتجواله حول البحر المتوسط ثم انتقاله الى اللاّتين بواسطة الاسلام ، فيه شيء من الغرابة ومن الخروج على المألوف بالنسبة الى الرجل المثقف اليوم الذي يألف بوجه عام اليونانية اكثر من العربية . وهذا الشواذ الظاهر يفسره المستوى الرفيع للمدارس الاسلامية في حين كان البيزنطيون ضائعين في رهافات لاهوتٍ تافه ومسف .

وغالبية الترجمات في القرن الثاني عشر لم تتم سنداً للقواميس بل بفضل تعاون شخصين احدهما يهودي غالباً يترجم من العربية الى اللغة العامية والآخر مسيحي عموماً يضع باللاّتينية العناصر المتوفرة عن هذا الطريق . في اسبانيا لم يكن الفصل بين الممالك المورية ـ الاسلامية والممالك الكاثوليكية يشكل ستاراً حديدياً ، مما ساعد على ترجمات بهذا الشكل ، وفي الواقع ومنذ عصر جيربرت Gerbert لم تتوقف شبه الجزيرة الايبرية عن لعب دور همزة الوصل .

بيار الفونس Pierre Alphonse : واصبح يهودي من هوسكا Huesca اسمه موسى سيفاردي Moses Sephardi ، واشتهر باسم بيار الفونس Pierre Alphonse اصبح ذا حظوة عند الملك الفونس الأول ملك اراغون ، وطبيبَ هنري Henry الأول ملك انكلترا . وعلّم الراهب والشردي مالفرن Walcher de Malvern كيف يحسب العرب مجري الشمس والقمر . ولكن التلميذ كان مضللاً بتاريخ وقوع الاعتدالين وبدء التحولين ، فطلب من بيار الفونس Pierre Alphonse ان يشرح له نظرية الارتجاج او الميل (تقدم بمقدار 8 درجات خلال 900 سنة ، وتأخر معادل خلال 900 سنة تالية) . وفي سنة 1115 الف بيار الفونس على اساس ازياج الخوارزمي كتاباً مهماً استفاد منه بعد ذلك بقليل اديلار دي باث Adélard de Bath . وأخيراً اهتم في كتابه الشهير « ديسيبلينا كليريكالي Disciplina Clericalis بالتصنيف ، حتى تصنيف الفنون الليبرالية ، وهو الاساس الاكيد للتعليم الابتدائي ، واحل محله نظاماً اكثر ملاءمة للعلوم المحضة : (1) المنطق ـ (2) الحساب ـ (3) الجيومتريا . (4) الطب (وهنا يوجد تجديد) (5) الموسيقى . (6) علم الفلك (7) الفلسفة او علم النحو .

سافاسوردا Savasorda : وفي كاتالونيا دائماً اعطيت مكانة الشرف ، لابراهام بارهيا البرشلوني Abra-Hiyya Barcelone ، والذي اشتهر باسم سافا سوردا Savasorda او (رئيس الحرس) . وقد الف تأليفاً ضخماً في العبرية ، بقصد تفهيم العلم العربي للطوائف اليهودية في جنوب فرنسا . وهو بعمله هذا ، وبتعاونه مع افلاطون التيفولي Tivoli (1134 — 1145) في نشر اعمال في الغرب ـ عدا عن المؤلفات التنجيمية مثل كتاب الرباعيات (كوادري بارتيتوم Quadri Partitum) لبطليموس ـ اعمال منها السفريك لتيودوز Sphériques Théodose وكتاب موتي ستلاروم للبتاني Motu Stellarum Al-Battani (وهذا الكتاب الاخير شرحه رجيومونتانوس Regiomontanus) . ولكن الثمرة الاكثر توفيقاً نتيجة لقاء الرجلين كانت الترجمة اللاّتينية لكتاب ليبر انبادورم Liber Embadorum ،

الموضوع بالعبرية من قبل سافاسوردا Savasorda بالذات ، وترجمها سنة 1145 أفلاطون التيفولي . انه اول كتاب عالج باللاتينية معادلات من الدرجة الثانية ، وهذا الكتاب اصبح ايضاً احد المراجع التي استقى منها ليونارد دي بيز Leonard de Pise . وكما يدل اسم الكتاب « ليبرامبادورم Liberembadorum » انه كتاب في الكيل والمساحة مخصص لحساب المساحات . ونجد فيه صيغة هيرون Héron وهو يقدم مساحة المثلث S تبعاً للاضلاع الثلاثة (a,b,c) وتبعاً لنصف المحيط (p) :

$$S = \sqrt{p\,(p-a)\,(p-b)\,(p-c)}$$

هذه المعادلة كانت معروفة ايضاً من قبل المساحين الرومان : وقد تعلم الغربيون بيانها في « فربا فيليوروم موازي » (بنو موسى) الذي ترجمه جيرار الكريموني . ويعطى « ليبر امبادوروم » قيماً قربية مفيدة :

$$\pi, \text{ لقاء } 3\frac{1}{7} \quad \sqrt{\frac{3}{2}}, \text{ لقاء } \frac{13}{15}$$

ولكن المؤلف يضيف حالاً ان على الفلكيين ان يستعملوا :

$$\pi = 3 + \frac{8\frac{1}{2}}{60} = 3{,}141\,6$$

والمثل المحدد يتيح بصورة افضل تتبع طريقة سافاسوردا .

نفترض اننا نبحث عن القاعدة b وعن الارتفاع h في مثلث متساوي الضلعين نعرف مساحته S وطول ضلعيه المتساويين a

$$S = \frac{bh}{2} \qquad a^2 = h^2 + \frac{b^2}{4} \qquad b \text{ et } h \text{ غير معروفين}$$

$$\left.\begin{array}{l} a^2 = h^2 + \dfrac{b^2}{4} \\ 2\,S = bh \end{array}\right\} \quad a^2 - 2\,S = \left(h - \frac{b}{2}\right)^2 \quad \left\{\begin{array}{l} \dfrac{\sqrt{a^2 - 2\,S}}{2} = \dfrac{h}{2} - \dfrac{b}{4} \qquad [1] \\ \left.\begin{array}{l} \dfrac{a^2 - 2\,S}{4} = \left(\dfrac{h}{2} - \dfrac{b}{4}\right)^2 \\ S = \dfrac{bh}{2} \end{array}\right\} \end{array}\right.$$

$$\frac{a^2 - 2\,S}{4} + S = \left(\frac{h}{2} - \frac{b}{4}\right)^2 + \frac{bh}{2}$$

$$\frac{a^2 + 2\,S}{4} = \left(\frac{h}{2} + \frac{b}{4}\right)^2$$

$$\frac{\sqrt{a^2 + 2\,S}}{2} = \frac{h}{2} + \frac{b}{4} \qquad [2]$$

نحصل على [1] و [2] بالجمع او الطرح .

$$\left.\begin{array}{l} h \\ \dfrac{b}{2} \end{array}\right\} = \frac{\sqrt{a^2 + 2\,S} \pm \sqrt{a^2 - 2\,S}}{2}$$

مدرسة طليطلة : بعد ان استردت طليطلة سنة 1085 ، اصبحت عاصمة مقاطعة كاستيلا : رعى رئيس الاساقفة ريمون Raimond (1126-1152) اعمال الترجمة فيها التي قام بها اليهودي المرتد الى المسيحية جان لونا Jean de Luna والارشيدياك دومينغو غوندي سالفو L'Archidiacre Domingo

Gondisalvo (والثاني بدا انه كان يحرر باللآتينية الترجمات الاسبانية التي كان يقوم بها الأول) . وكان كتاب الخوارزمي (الغوريسم) هو مصدرهم الرئيسي في عمليات الحساب التي سوف تحل محل معداد جيربرت Gerbert ، اي العد بدون اعمدة فوق الغبار او الرمل . وترجم هرمان الدلماسي Hermann Le Dalmate كتاب بلانيسفير Planisphère » او « الكرة المسطحة » لبطليموس (والذي فقد اصله اليوم) . وقام روبرت دي شستر Robert De Chester بنفس العمل بالنسبة الى القرآن والى جبر الخوارزمي (1145) .

وكلل جيرار الكريموني Circuli De Crémone (1114 — 1187) هذا الرواق المدهش فترجم المجصطي لبطليموس وكتاب « منصورة سيركولي Mensura Cireuli » لارخميدس ، والكونيك Coniques او المخروطات : لابولونيوس[1] Apollonius) ، وكتاب سبيكولي كومبورانتيبوس لديوكليس Speculis Comburentibus De Dioclès ، والكتب الثلاثة الأولى من كتاب ميتيرولوجيا ، وكتاب في السماء والعالم ، وكتاب الخلق والفساد وكتاب الفيزياء لارسطو ، واخيراً كتاب القانون لابن سينا ، وكتباً مختلفة لهيبوقراط وغاليان والكندي وثابت بن قرة والرازي والفارابي . ويجري الكلام عن وجود مدرسة طليطلة بمقدار ما استعمل وادار جيرار دي كريمونا Gérard De Crémone ، فريق عمل من المساعدين .

3 ـ التأثير العربي في القرن الثالث عشر

إنّ اهمية العمل الذي تحقق سابقاً ، وتراجعَ الاسلام في اسبانيا ، وبذات الوقت تصاعد المسيحية ، كل ذلك غيّر الى حدٍ ما في القرن الثالث عشر سمة المركزين الكبيرين للترجمة : اسبانيا وصقلية ، وبدلاً من استقبال الثقافة العربية بشكل سلبي خالص ، قام نوع من النشاط الخلاق ، بفضل تأثير ملكين متنورين : فريدريك الثاني Frédéric II والفونس العاشر Alphonse X ملك قشتالة .

فريدريك الثاني : كان هذا الملك تلميذاً وصنيعة للبابا انيوسان الثالث Innocent III . ولكنه كان شكوكياً ومعادياً للكهنوت ، كان يحب الحياة وكان ظالماً وفيلسوفاً . وبدا الامبراطور فريدريك الثاني Fredric II (1194-1250) اميراً في القرن السادس عشر . كان له مراسلات علمية دولية مع ملوك الشرق فيطرح عليهم مسائل في الجيومتريا وعلم الفلك ، وبصورة خاصة في البصريات والفلسفة ـ مسائل لم تكن مجموعة العلماء المحيطين به قادرة على حلها . واتهم بأنه يجري تجارب غريبة ، بحبس سجين في برميل حتى يتسنى له مراقبة صعود روحه حين يموت ، وتعييش اطفال مولودين جدد في الصمت الكامل ، للتحقق من اللغة التي سوف يتكلمونها بصورة عفوية . او ايضاً تشريح رجلين ليقارن على الحي ، مفاعيل النوم والتمرين الجسدي على عملية الهضم .

---

(1) ان غالبية المراجع الوسيطية حول هذا النص تبدو مستخرجة من كتاب البصريات لابن الهيثم .

ولكن زيادة على هذه الطرق القليلة الشرعية ، يدين الامير الهوهنستوفني Hohenstaufen بشهرته كعالم احيائي الى كتابه الشهير حول تربية الصقور ، وهو تركيب عجيب في ذلك الزمن بين المعارف الكتبية والملاحظة الشخصية . واذا كان قد امر ميشال سكوت Michel Scot بترجمة كتاب تاريخ الحيوان لارسطو ، ثم درسه بنفسه الا انه عرف كيف يحتفظ بحرية واستقلالية رأيه . كتب يقول : « نحن لا نتتبع في كل النقط امير الفلاسفة ، لانه قلما تصيد او لم يتصيد على الاطلاق بواسطة الطيور الجوارح ، في حين اننا نحن احببنا دائماً هذا الفن ومارسناه . . . ان ارسطو قال ما سمع . ولكن الحقيقة اليقينية لا تنبع من الاقوال » .

وعدا عن الرسوم التي تمثل حوالي 900 نوع مختلفٍ ، تضمن كتابه ملاحظات مفيدة عن تكيّف منقود الطيور بحسب اسلوبها في الغذاء . وفراغية عظامها ، واوالية طيرانها ، وكذلك ذكاء البط البري وهو يخدع ملاحقيه حين يتظاهر بانه جرح . واجرى المؤلف تجارب حقيقية حول تلقيح البيوض اصطناعياً او مسألة معرفة اهتداء النسور الى طعامها بالبصر او بالشم . ورفض ايضاً اغلاط ارسطو وكذلك الاساطير الشعبية ، كأسطورة تلك الطيور التي تولد على شاطىء البحر من بعض الاشجار ، وخاصة الوز القطبي . اما حظيرة الامبراطور فقد تضمنت ليس فقط الاسود او الليوبار او القرود والجمال والفيلة ، بل ايضاً اول زرافة دخلت عالم المسيحية .

وكان فريدريك الثاني FrédérdicII راعياً للآداب ومنشطاً لها . وقد قدم له بيترو ديبولي Pietro D'Eboli قصيدته عن مياه بوزول Pouzzoles ، وقدم له آدم الكريموني Adam de Crémone سنة 1227 كتاباً حول القواعد الصحية التي تجب مراعاتها اثناء الحملة الصليبية . والف له المشرف على الاسطبل جيوردانو روفو Giordano Ruffo كتاب حول تربية الخيول . وكان اكثر الكتب قراءة في القرون الوسطى . اما جاكوب الاناضولي Jacob d'Anatoli فقد ترجم له بطليموس وابن سينا .

ميشال سكوت Michel Scot : كان هذا منجماً عند الامبراطور، كما كان مترجماً (1235) . وقدم للملك كتاب الفلك للبتروجي ، وكتاب الحيوان لارسطو ، وكذلك كتاب كولومندو de Coelo et Mundo مع شرح ابن رشد. ووضع له ايضاً عدة مؤلفات في العلوم الخفية، وكتاباً في علم الفراسة، حتى يتسنى للملك معرفة اين يضع ثقته .

في هذا الوسط الثقافي العالمي كان هناك رجل يسيطر على الجميع : انه ليناردو فيبوناشي Leonardo Fibonacci (او ليونار ديبيز Léonard de Pise) اعظم فكر رياضي في القرون الوسطى .

ليونار ديبيز Leonard de Pise: كان والد هذا الرجل غوغليلمو بوناشيو Guglielmo Bonaccio ، مكلفاً بوظيفة قنصلية في جمارك بوجي Bougie سنة 1192 ، فاخذ ليونار Léonaro الى الجزائر. كان عمر ليونار Léonard يومئذٍ اثني عشر عاماً، فتعلم فيها الحساب واللغة العربية في دكان سمانة. وحمله التمرس بتجارة الكتب والبحث عن المخطوطات الى مصر وسوريا واليونان وصقلية .

ولما عاد الى بيزا سنة 1202 الف فيها « ليبرآباسي Liber Abaci » (وعدله سنة 1228) وكان

هذا الكتاب (رغم عنوانه ، لا يمت بصلة الى كتب جربرت Gerbert) يتضمن 15 قسماً : الأرقام الهندية ، ضرب الاعداد الصحيحة ، الجمع الطرح ، القسمة ، ضرب الكسور بالاعداد الصحيحة ، وعمليات اخرى حول الكسور ، وحساب الاسعار والمبادلات العينية والحسومات ، وقواعد الشركات ومزج العملات ، التصاعد الحسابي والنسب الحسابية ، قواعد الفرضيات الخاطئة (البسيطة والمزدوجة) ، الجذور التربيعية والمكعبة ، مسائل الجبر والهندسة . ودونما تشديد على المسألة الرئيسية المتعلقة بالأرقام العربية ، نذكر بعض التفصيلات الغريبة مثل تحليل الكسور العادية الى كسور بسيطة يكون مخرجها الوحدة : هذا الأجراء المصري اصلاً ، ربما حمل الكاتب على دراسة الكسور المستمرة :

$$\frac{13}{20} = \frac{1}{20} + \frac{1}{10} + \frac{1}{2} = \frac{1 + \frac{1 + \frac{1}{2}}{5}}{2}$$

وبوجه اعم :

$$\frac{1 + \frac{1 + \frac{1}{a_3}}{a_2}}{a_1} = \frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_1 \cdot a_2} + \frac{1}{a_1 \cdot a_2 \cdot a_3}$$

ولحساب مولدان زوجان من الارانب اخترع السلسلة المتكررة المسماة سلسلة فيبوناشي Fibonacci :

$$0,\ 1,\ 1,\ 2,\ 3,\ 5,\ 8,\ 13,\ 21 \ldots$$

مثل $u_0,\ u_1,\ u_2 \ldots u_{n-1},\ u_n \ldots$ المؤلفة من حدود

$$u_n = u_{n-1} + u_{n-2} = \frac{1}{\sqrt{5}}\left[\left(\frac{1+\sqrt{5}}{2}\right)^n - \left(\frac{1-\sqrt{5}}{2}\right)^n\right]$$

وفي القسم الجبري : نقل ليبر أباسي Liber Abaci عن كتاب العناصر لأقليدس (من اجل التمثيل الجيومتري للكميات) وعن كتاب ليبرامبادورم لسفاسوردا Liber Embadorum de Sava-sorda (من اجل حل المعادلات من الدرجة الثانية) واستعمل كلمات راديكس ، صونصو ، ونيميروس Radix, Census et Radix ، بشكل مختصر ، للدلالة على المجهول وعلى مربعه وعلى عدد معين ، يدل بصورة مسبقة وان مبهمة على الرمزية الجبرية عند فيات Viéte .

وكتاب براكتيكا جيومتريكا Practica Geometriae (1220) يدل ايضاً على تاثير كتاب هيرون وعنوانه متريك Métriques D'Héron وبمناسبة مسائل الكيل والمساحة اعطى الكتاب الأول طريقة تقريبية شبيهة بطريقة ارخميدس واعطى قيمة مقاربة لـ $\pi = 3,141818$.

ويفحص كتاب « فلوس ليوناردي Flos Leonardi » خمس عشرة مسألة تحليلية محددة اوغير محددة من الدرجتين الأولى والثانية ، منها مسألتان طرحها تحدياً جان دي بالرم Gean De Palerme ، بحضور الامبراطور . (1225) . ونجد فيه المعادلة : $x^3 + 2x^2 + 10x = 20$

ويفترض المؤلف (بالترقيم الستيني ان $x = 1\ 22^{I}\ 7^{II}\ 42^{III}\ 33^{IV}\ 4^{V}\ 40^{VI}$

وللأسف لا يشرح كيف توصل الى هذه النتيجة واكتفى بتبيان وجود حل ايجابي .

ومن المسائل الاكثر عجباً طرح مثلثين متناظرين ، من مثلث متساوي الضلعين اضلاعه 10 ، 10 و 12 بحيث يتولد بالتالي مخمس متساوي الاضلاع .

« اما رسالته » الى تيودور Théodore منجم فردريك الثاني Frédéric II ، فتحل باعداد صحيحة المعادلة :

$$x + y + z + u = 24 = \frac{1}{5} x + \frac{1}{3} y + 2 z + 3 u$$

عن طريق مجموعة الحلول التالية :

$$x = 10, \quad y = 6, \quad z = 4, \quad u = 4$$

ثمَّ

$$x = 5, \quad y = 12, \quad z = 2, \quad u = 5$$

ومنشأ ليبر كوادرا تورم Liber quadratorum تحدٍ رياضي اطْلِقَ ضد ليونار Léonard من قبل جان دي بالرم Jean de Palarme : يجب العثور على عدد مربع ، الذي اذا زيد او انقص منه 5 يصبح مربعاً كاملاً صحيحاً .

طرح الكاتب $X^2 \pm N$ لا يمكن ان يكون مربعاً الا اذا كان N عدداً مكتملاً من نمط $N = a\,b$ $(a + b)\,(a - b)$ بحيث ان a و b يكونان اولين فيما بينهما وان مجموعهما $(a + b)$ يساوي عدداً مزدوجاً* .

قسمه الخامس مربع كامل هو $5 \times 12 \times 12 = 720$

$$41^2 - 720 = 31^2$$
$$41^2 + 720 = 49^2$$

وحل المسألة اذن هو $\frac{41}{12}$. لأن $\left(\frac{41}{12}\right)^2$ مزاداً عليه أو منقوصاً منه 5 يعطي على التوالي :

$$\left(\frac{31}{12}\right)^2 \quad و \quad \left(\frac{49}{12}\right)^2$$

نقدر ، في النهاية لطافة ليونار Léonard . ونعجب ان نرى مع الذين الهموه ، الى جانب اقليدس وهيرون وسافا سوردا Savasorda والعرب . رجلاً عبقرياً سباقاً ، كان يومئذٍ مجهولاً تماماً في الغرب هو ديوفانت Diophante .

وحتى بعد موت فردريك الثاني Frédéric II استمر بلاط صقلية ايام مَنْفِرْدْ وشارل دانجو Charles D'Anjou ، موطناً منفتحاً تماماً على التأثيرات الشرقية . وعمل هرمان الالماني Hermann D'Allemand ، خاصة كما عمل من قبله ميشال سكوت Michel Scot في صقلية وفي طليطلة على التوالي .

الفونس العالم : نلاحظ في هذا الشأن ، في العاصمة القشتالية ، خاصة ايام حكم الفونس Alphonse العاشر (1252-1284) نفس التطور الحاصل في ايطاليا بحثاً عن بحوث اكثر اصالة . كان الفونسو العالم (العالم وليس الحكيم) موسيقياً وحقوقياً وفلكياً ، وسياسياً فاشلاً مع ذلك . وقد حلم بتأليف موسوعة

(*) ان الاعداد المتطابقة هي تضعيفات للعدد $24 = 3\,(3 + 1)\,(3 - 1)$. ان العدد الاول المتطابق الذي قسمه الخامس مربع كامل هو $720 = 12 \times 12 \times 5$:

اسبانية واسعة تضم كل المعارف البشرية . وكان جهده منصباً بشكل خاص على علم الفلك وعلى التنجيم .

احتوت كتب « ليبردل سابردي استرونوميا Libros del Saber de Astronomia » التي انتهت سنة 1280 وصف الكرات السماوية ، وتعداد الكواكب وإحْداثياتهما (Coordonnées) ودراسة اهم المعدات (وبخاصة الاسطرلاب المسطح والكروي ، والساعة والصافية ، صافية آزاركيال saphea d'Azarquiel والساعات الشمسية والمائية والزئبقية والشمعدانية) . ويجب ان يضاف الى كتاب ليرو دلسابر Libro del saber كتاب ليبرو كومبليدو Libro complidó لعلي ابن راجل (ابن ابي الرجال) ، وكتاب ليبرو دي لاكروزس Libro de las cruzes لعُبَيْدِ الله Oveydalla وكتاب لابيداريو Lapidario ، والكتب الثلاثة مخصصة لاسوأ نزاعات علم التنجيم وعلم الباطن .

وقد تمتعت الجداول الالفونسية او الازياج الالفنسية بشهرة كبيرة حتى القرن السادس عشر . وقد كتبت بالاسبانية سنة 1252و 1272 . وللأسف لم يبق منها الا « القوانين » . اما النسخة الكلاسيكية نسخة ريكو اي سينوباس Rico Y Sinobas فهي تخدع القارىء هنا وذلك بالزعم انها النص الاساسي للجداول الالفنسية ، في حين انها ترجمة اسبانية سيئة للترجمة البرتغالية غير المباشرة لروزنامة عربية . اما النص اللاتيني ، الذي لا يعرف كاتبه ولا تاريخه فلا يتفق هو ايضاً مع « القوانين » التي كتبت باللغة الكشتالية . وإذاً يكون من المخاطرة المبالغة في الدور الشخصي الذي لعبه الملك في عملية التوفيق المعروفة باسمه بين النظرية البطليموسية ، عن تحول الاعتدالين ، وعن عملية التحول العربية الخالصة حول التقدم والتراجع .

والواقع ان الجداول الالفونسية لا طموح لها الا تحسين وتصحيح الجداول التي وضعت في طليطلة منذ قرنين من قبل آزاركييل Azarquiel .

وبعد تطور واسع وبحث حول تحويل التواريخ من عصر الى عصر ، تبقى الخطة متشابهة (حركات متوسطة ومعادلات حول الشمس والقمر والكواكب » وميل الشمس، وضع مباشر او متراجع ، صباحي او مسائي للكواكب ، تصاعد الدرجات ، التعارض والتلاقي بين الشمس والقمر ، امكانية رؤ ية القمر والكسوفات ، النظرية التريغونومترية للسينوس وللاوتار ، وللارتفاعات الجغرافية ، ولميل الكواكب ، حساب الساعة على اساس ارتفاع الكواكب ، تحول الساعات ، دوران السنين ، حساب حركة التقدم والتراجع ، تحديد الظل ، علم الفلك والحساب).

والواقع ان تحرير الجداول الالفونسية ، من خلال كتابتها باللغة العامية لم تنتشر خارج اسبانيا الا بصورة متأخرة جداً ، فقد بقيت غير معروفة في باريس حتى سنة 1296 .

وتوضيح الجداول العددية ، انما من اجل استعمالها لغايات تنجيمية ، وتأثيرٌ بالغٌ عربي يهودي ، واستمرارُ التوجه الافلاطوني الجديد ، والتكبيرُ في استعمال اللغة العامية في المؤلفات العلمية ، والاستقلالية النسبية تجاه التيارات الكبرى المدرسية ، والدور الثانوي للجامعات : كل هذه السمات ، وضعت جانباً الثقافة الايبيرية ، مما يبرر تتبعنا لها حتى القرن 13 ، قبل ان تعود فتتابع ذلك بـ مئتي سنة تطور الفكر والتعليم في بقية اوروبا .

III ـ العلم ، المدرسية ، الجامعات

1 ـ السوابق في القرن الحادي عشر والثاني عشر .

في حين استمر ، في نقاط الإلتقاء بين النصرانية والاسلام ، عملُ الترجمة والتمثل ، اللذين ظهرت مفاعيلهما الخيرة ، بصورة حتمية ، في مكان أخر ، متأخرة نوعاً ما ، اعطت المدارس الغربية ما يسمى بالمدرسية او السكولاستيك ، وهو مفهوم غامض جداً .

وتميز هذا التيار ، في القرن الحادي عشر والثاني عشر بتطبيق منهجي للجدلية على الاشياء الدينية ، وباكتشافٍ اعمَ للفائدة التي تقدمها دراسة العلوم المحضة بالذات .

صراع الكليات او المعاني المجردة او المحمولات .

ان الصراع بين الكليات ، واجه الواقعيين (مثل القديس انسالم Anselme ، وغيليوم ديشومبو Guillaume De Champeaux وغالبية الشارترين Chartrains) بالاسميين ، تلامذة روسلين Roscelin الذين كانت الافكار الافلاطونية عندهم مجرد كلمة . وبالتالي فعلى الكليات التي لم يكن فيها (الا معاني الاسماء) ، كان ابيلار Abélard ، المحب التعيس لهيلوييز Héloise ، يفضل واقعية الشأن الخاص ، لأنها وحدها يمكن ان تُعْرَفَ معرفةً ايجابيةً . ولكنه لم يذهب ابعد من ذلك وهذا الموقف الأبيستومولوجي لم يوجه اي فيلسوف اسمي (على الاقل في القرن الثاني عشر) نحو ملاحظة الطبيعة .

ان الواقعية الافلاطونية ، اذ تؤكد ان الافكار المعكوسة في الانواع والاصناف ، هي نموذج خالد للاشياء الطبيعية ، وان الاشياء المفردة ، بنتيجة عدم استقرارها الدائم ، لا تستحق ان تعطى اسم الهيولى ، هذه الواقعية الافلاطونية تحول انظار معتنقيها عن الملاحظة المحددة ، وتحضهم على التفتيش ، ابعد من اللقاءات العددية العارضة نوعاً ما ، عن الوقائع ، التي هي في اغلب الاحيان وهمية (تطابق العناصر الاربعة مع الرطوبات الاربع مع الجهات الرئيسية الاربع مع الفصول الاربعة او ايضاً الكواكب السبعة مع المسافات السبع مع ايام الاسبوع السبعة مع المعادن السبعة) . ومع ذلك وان هي استعملت المبرر لتبرير اسوأ الضلالات في علم التنجيم وفي الخيمياء وفي السحر ، فانها تشجع انصارها ومعتنقيها على السموبملاحظات وتثبتات الحس العام وذلك باستخدام نوع من الجهاز الرياضي .

مدرسة الشارترين : تأسست مدرسة الشارترين في مطلع القرن الحادي عشر على يد احد تلامذة جربرت Gerbertهو الاسقف فولبرت Fulbert(ت 1028) ، فاتاحت تتبع مغامرة فكر ذي استيحاء واقعي ، والتأثير الذي مارسته ، في ارض مسيحية خالصة ، وبصورة تدريجية ، الافكار اليونانية العربية التي ادخلها قسطنطين الافريقي ، واديلار الباثي Adélard De Bath وهرمان الدلماتي Hermann Dalmate .
فقد كان الشارتريون يؤ منون بالتقدم :

كتب برنار Bernard يقول : « اننا كألاقزام الذين يمتطون اكتاف العمالقة ، حتى اننا نستطيع ان نرى اكثر منهم وابعد منهم ، لا لأن رؤ يتنا هي أنفذ ، او لأن قامتنا اعلى وارفع ، بل لأننا نرتفع

بفضل قامتهم العملاقة » .

وميز جلبرت البوري Gilbert de La Porrée (1076 — 1154) عن الارض وعن الماء وعن الهواء وعن النار ، وهي الاشياء التي نعرفها معرفة حسية ، الجواهر الاربعة الخالصة ، والتي تحمل ذات الاسم ، كما هي موجودة خارج الطبيعة ، دون ان تختلط بها . هذه الرهافة الفلسفية هي الخيط الهادي في المؤلفات الخيميائية في القرون الوسطى السفلى .

وبنى « والد الدراسات عند اللاتين » والذي قدم له هرمان الدلماتي Herman Le Dalmate ترجمته لكتاب بطليموس « بلانيسفير Planisphère » او الكرة المسطحة ، اي تيري دي شرتر Thierry de Chartres علماً كونياً عظيماً عقلانياً وميكانيكياً . وحاول في كتابه « هيكزا ميرون Hexameron » ان يوفق عدا عن كل رمزية ، بين الخلق والفيزياء . لقد خلق الله العناصر الاربعة التي اصطفت بشكل كرات وحيدة المركز . والنار ، بحكم خفتها ، تقع في الخارج ، وتتحرك بحركة احاطية وبالتالي دائرية : فهي تضيء وتدفىء . اما الماء فيتبخر ، فيولد الجزر والقارات ولكن تجمده يولد الكواكب . وهذه الكواكب ، بدورها ، وبفعل الحرارة الاضافية التي تحملها ، تتيح ظهور الحياة .

2 ـ القرن الثالث عشر

في بداية القرن الثالث عشر ، عملت عوامل ثلاثة جديدة على اظهار اثرها : تأسيس الجامعات ، اكتشاف ارسطو من جديد ، والنشاط التعليمي الذي قامت به الاسلاك الدينية الشحاذة .

الجامعات : ارتبط تأسيس الجامعات ، بتراخي النظام الاقطاعي وتزايد السكان ، وازدهار الحركة البلدية . فقد تسنى للطلاب والاساتذة ، بفعل عددهم الكبير ان يتجمعوا ضمن هيئات ويحصلوا بالتالي على حقوق قضائية : ولا لزوم لشيء اكثر من هذا حتى تنشأ « جامعة » ، انما بشكل يختلف بين مدينة ومدينة . وتلاءمت الصفة العلمانية لمقاطعة بولونيا مع رسالتها الحقوقية ، وهذا ما سوف يفسر فيما بعد مساهمتها الفضلى في تقدم علم التشريح وعلم الجراحة . واصبحت باريس ، وباستمرار ، موضوع غواية بالنسبة الى الرغبة البابوية ، وبالتالي فقد اصبحت عاصمة التيولوجيا ، ومرتع الآباء الدومينيكيين . وتأثرت مومبيليه ، وهي تحت التبعية الآراغونية ، مباشرة بالتاثير اليهودي العربي ، فنما فيها طب اكثر عقلانية من طب بولونيا . اما جامعة اكسفورد فقد كان اساتذتها في معظمهم من الفرانسيسكان ، ولذلك غلبت عليهم عموماً الميول الى الافلاطونية الاوغسطينية ، الاكثر ملائمةً ، برأيهم ، من الأرسطية ، مع التصوف القائم في سلكهم .

الايمان والعقل : استطاعت الفلسفة ، حتى ذلك الحين ان تبقى ، بدون مصاعب وهموم خادمة الايمان . ولكن الامر اختلف تماماً في القرن الثالث عشر ، عندما دخل انتاج ارسطو الى جامعة باريس : اذ سرعان ما أغرى ، واثار الاضطراب .

فجددت الفسفة الفيزياء وعلم الفلك والفيزيولوجيا . وكان كمالها الجدلي كبيراً الى درجة ان

رأي الستاجيري Stagirite بدا وكأنه يتوافق بل يتماهى مع العلم ومع العقل .

وللاسف لم يبق هذا التركيب المدهش لله الا مكانة تافهة . وحول العديد من النقط (خلود الكون ، الحتمية الفلكية ، وحدة العقل الفعال) ظلت الفلسفة في حالة تناقض فاضح مع المسيحية .

وعلى الصعيد الجامعي تعارضت كلية الفنون ، وقد جذبتها في الحال تقريباً الافكار الجديدة مع كلية اللاهوت التي هي حارسة الارثوذكسية .وقد حكم على الفلسفة الطبيعية الارسطية في بداية الامر فرفضت في جملتها مع شروحاتها (باريس 1215 — 1210) ، وأصبحت فيما بعد موضوع محاولة تمييز (1231) لكي لا تحارب الا في شكلها الجذري : وهو الرشدية (1270 — 1277) .

وحدث تطور مماثل على الصعيد العقائدي . فاحترس الكسندر دي هالس Alexandre de Halès ، والقديس بونافونتور Bonaverture وراء الاوغسطينية . واعتمد البير الكبير Albert وهو من المؤمنين بالتجريبية الارسطية ، مراكمة العلم الدنيوي مع التيولوجيا دون ان يدمجه فيها . وبالعكس من ذلك انطلق القديس توما Thomas من هذا المبدأ : ان الحقيقة لا تتناقض ، وسنداً لذلك يكون الايمان والعقل بالضرورة متفقين . وبالتالي يتوجب على الفيلسوف والتيولوجي ان يعملا كل من جانبه على تقدم اللقاء بين الاثنين ، اكثر ما يمكن ذلك . واذا كان العلم الزمني يتناقض مع الوحي السماوي ، فلنلجأ الى « قول السيد » . ولنبحث في هذه الاثناء عن الضعف في حجتنا كعلماء ، لانه من الافضل ان نفهم ، لا ان نعتقد عندما يترك الخيار لنا .

وبذات الوقت الذي استقر فيه امر المعضلة بين العقل والايمان ، انتشرت المفاهيم الجديدة المكتسبة بفضل التراجم ، في الجامعات : هذا الغنى في المعرفة عمل على تجديد الكتب المدرسية وعلى انتشار ما نستطيع تسميته بالحركة الموسوعية .

الموسوعات : لا شك ان اعمال كاسيودور Cassiodore وايزودور Isidore ، ودي بيد de Bède ، ورحبان مور Rhaban Maur أو المتفرد هونوريوس Honorius كانت موسوعات : فقد كانت كافية للإجابة على المسائل العلمية الأولية التي طرحها شرح الكتابات المقدسة ، وفوق هذا الجذع جاءت الاساطير والخرافات المنبثقة عن كتب الحيوانات (المشتقة من الشأن الفيزيولوجي) وكتب الترياق(واشهرها كتاب ماربود Marbode ، اسقف رين Rennes ، ت 1123) . ويقوم تطور القرن 12و13 على استبعاد الاهواء والمبتدعات الرمزية الصوفية ، وبذات الوقت على ادخال التوضيحات التقنية او المعطيات الناتجة عن ملاحظة مباشرة للطبيعة . وقد سبق للقديسة هيلد غارد Hildgarde (1098 — 1179) ان عالجت مصادرها الكتبية بنوع من الاستقلالية تفسرها الى حد ما معرفتها السيئة باللغة اللاتينية . وبالمقابل لقد فتحت العيون . اذ ان ملاحظاتها حول الفطر ، وحول اسماك نهر الرين كانت رائعة . .

ويدل كتاب « ناتورس ريروم Naturis Rerum » لمؤلفه الكسندر نيكام (1157 — 1217)

Alexandre Neckam ، على نوع من التأثير العربي . فالفصل المتعلق « في اتركتيفا De Vi Attractiva » يتضمن احد اقدم الاوصاف الغربية للبوصلة . اما كتاب « الكنز » لبرونت لاتين Brunet Latin فلا يتضمن الا القليل من الفائدة اللغوية .

واما كتاب بروبريتي ريرم Proprietatibus Rerum ، المجموع حوالي سنة 1240 من قبل برتليمي Barthélémy الانكليزي فهو لا يوجه الا الى « البسطاء والى الجهال » . هكذا يقول المؤلف . ويستحق الدومنيكي توماس دي كانتي ـ بري Le Dominicain Thomas de Cantimpré مكانة محترمة في تاريخ علم الحيوان . فكتابه « ناتورس ريرم Naturis Rerum » المؤلف بين 1230 و 1250 يستعرض على التوالي الانسان (1 الى 3) وذوات الاربع (4) والطيور(5) ، والبحر (6)، والاسماك (7) ، والزحافات والديدان وتشمل بالتالي الحشرات وبعض الرخويات ، والضفادع والسراطين (8— 9) والاشجار (10, 11) والنباتات (12) والينابيع (13) ، والاحجار (14) والمعادن (15) والهواء (16) وعلم الكون والكواكب السبعة (17) والميتورولوجيا (18) والعناصر الأربعة (19) . ويضيف المؤلف اليها ، (بعد 1256) كتاباً في آداب النحل وكتاباً في جمال السماء وحركة الكواكب . وهو وان لم يبتعد تماماً عن الرمزية المسيحية ، فهو يعتمد في انفعالاته ذات النموذج الوسيطي ، التساؤ ل باستمرار حول جدوى الاشياء (خاصة من الناحية الطبية) . وتتناول ملاحظاته الاكثر فائدة في نظرنا ، وان كانت مستقاة من ارسطو ، تتناول علم تشريح المقارن . فهو يتساءل هل المخلوقات المشوهة هي من ذرية آدم ايضاً ؟ والحيوانات ذات الرجلين وذات الاربع فيها دم ، اما الحيوانات الكثيرة الارجل فليس فيها دم . وكل الحيوانات المزودة بآذان آذانها متحركة ما عدا الانسان . والحيوانات ذات الاربع . وذوات القرون ليس لها قواطع في الفك الاعلى . والحيوانات ذات الجفون تسكرها لتنام ما عدا الاسد والارنب . وهكذا نرى كيف ان البحث المنهجي عن الاسباب النهائية ، هذا البحث الضار في مجالات اخرى ، بدا في الغالب ذا فائدة في مجال علم البيولوجيا او التشريح .

البير الكبير: ان البير الكبير (1206-1280)وان لم يؤلف اية موسوعة فانه يستحق مع ذلك لقب العالم الموسوعي : اذ انه هجم بشهوة العملاق على العلم اليوناني العربي. وقدأحسن م. جلسون M. Gilson ، القول حين وصفه « بأن فيه الكثير من العملاقية » . كان البير Albert الكبير شديد الاعجاب بارسطو ، فاراد ان تتمثله العقلية المسيحية ، وهو بهذا قد مهد لتأليفية تلميذه القديس توما Thomas رغم انه لم يصب بالاحترام التعبدي لارسطو الستاجيري Stagirite ، هذا الاحترام الذي اصاب بالتحجير المدرسية في القرن الخامس عشر . ذلك ان البير الكبير اعتاد السفر والرحلات الطويلة في الارياف ، كما كان يذهب لمشاهدة الخيميائيين والعياديين والمعدنيين كيف يعملون . وعرف كيف يجمع بين العلم الموسوعي وحب التحديد ، وبصورة خاصة الحس السليم . وهو في كتابه عن « المزروعات والنباتات » يشرح كتاباً غفلاً منسوباً الى ارسطو . وفيه قدم القديس البير محاولة تصنف استقاها من تيوفراست Théophraste ، للنباتات ال« معدومة الاوراق وذات القشر وذات الاهاب ،

والعشبيات » ، ثم استطرادا النباتات ذات الزهور « المجنحة ، والنجمية والجرسية الشكل » ثم الى ذات اثمار « جافة او لحمية » . كما غامر ايضاً في مجال الفيزيولوجيا النباتية (ذات الموقع الثلاثي بالنسبة الى النطفة في الحبات ذات الفلقتين والاغصان ، في الكرمة ، وتاثير الضوء والحرارة على نمو النباتات ، والتفريق بين الشوكة والوخازة ، والعلاقات بين الانواع والاصناف البرية والمزروعة) . وبدت نصائحه العملية ذكيه عموماً (التخمير او التعريق ، حفظ الزبل ، تثبيت التربة بزرع الاشجار) .

اما كتابه عن الحيوان ففيه 26 فصلاً : التسعة عشر الأولى يتبع فيها ارسطو (تاريخ 1-10 ؛ الاقسام 11 — 14 ، الخلق 15 — 19) . والكتابان التاليان يتضمنان ملاحظات فيزيولوجية اصيلة . والفصول الخمسة الاخيرة (22 — 26), تتوافق مع كتب الحيوان عند توماس كانتمبري Thomas de Cantimpré . وقد شرح القديس البير عين الخلد ، ولاحظ الجهاز العصبي المركزي في ذوات الارجل عند العقرب والسرطان ، ولاحظ ان النملة اذا قطعت هوائياتها (قرونها) لا تستطيع التعرف على بيتها الا بواسطة رفيقاتها . ودرس كيف تنسج العنكبوت بيتها ، واكتشف وهو يقارن بين بيضة السمك وبيضة الطيور الغشاء الداخلي الجنيني في البيضة . ورفض العديد من الخرافات السائدة في عصره مثل خرافة الوزة القطبية ، وخرافة الفينيكس Phénix المتولد من رماده ، والكستور Castor الذي يقذف ملاحقيه بجيوب المسك ، او ايضاً النسر عندما يؤمن تلقيح بيوضه بعرضها على الشمس ضمن جلد ذئب . وقد رفض السمة الشيطانية . كما انه كان شديد الانتباه لتغيرات الانواع تبعاً للوسط ووصف بشكل دقيق الحيوانات الموجودة يومئذٍ في المانيا ، بما فيها بعض الحيوانات البائدة اليوم مثل الاور .

وهو كعالم جيولوجي دعم بشكل خاص الاطروحة القائلة ان المعدن الصحيح لا يمكن ان يتولد الا عن طريق تسامي مبدأ رطب ومبدأ جاف : يقول بهذا الشأن : « حيث ما وجد هذان المبدأن فهما ممزوجان بالاوساخ التي لا يمكن الا ان تضايق تكوّن المعدن . ولكن اذا تصاعد من البؤرة حيث يوجد المعدن ، الدخان فإن هذا المعدن يكون اكثر نقاءً ، لأنه يتركز اما في مسام الحجر او في اوردة متميزة » .

وموقف البير الكبير تجاه الخيمياء صعبٌ تعريفه خصوصاً وان العديد من الكتب المنسوبة اليه في هذا المجال تبدو مزورة . فهو وان لم ير في التحولات المزعومة ، والمحققة حتى ذلك الحين الا « تلويناً » لمعدنٍ حقير ، الا انه لا يتخذ موقفاً ، على ما يبدو ضد مبدأ (الفن الكبير بالذات) . وتقوده هذه الاهتمامات ، الى تعريف الاساليب المتنوعة في الكيمياء مثل (التطهير او التسامي ، والتقطير والتذرير ، والطحن ، والشوي وكربنة الفولاذ والحل والتذويب والتسييل والتجميد) .

ورغم شمولية التفاتاته ، يبدو البير الكبير ، وبشكل ثابت ، اكبر عالم طبيعي في القرون الوسطى . ويعطينا معاصره فانسان دي بوفي Vincent de Beauvais مثلاً جلياً حول الرؤية التي يرى بها الدومينيكي العادي الكون . اما مرآتاه (العقائدية والطبيعية) فتقدمان بهذا الشأن حجر محك لتفحص اصالة الافكار العلمية لدى مؤلف مدرسي .

مدرسة اكسفورد. روبير غروستاست Robert Grosseteste: انه، من التحكم بدون شك الاخذ بحرفية التناقض بين الدومينيكيين الباريسيين، الارسطيين والطبيعيين من جهة، وبين الفرنسيسكان الانكليز، الاوغسطينيين والرياضيين من جهة اخرى.

ان مدرسة اكسفورد تحتل ، مع ذلك وقد ذكرنا السبب اعلاه ، مكانة على حدة . ان روبير غروستاست Robert Grosseteste (1175 — 1253) يكمل التراث الاوغستيني الشارتري Chartrain : « ان حقيقة الاشياء تقوم على استقامتها وعلى تجانسها ، مع « الكلمة » التي عينتها وسمتها بشكل ابدي . ولكن هناك رابط قائم هنا بين الفكرة ـ الشكل والواقع الحسي ، بفضل نظرية « التجسيم » التي يكون النور فيها وبآن واحد القدرة الاصيلة ، والشكل الأول ، ومكان كل الجواهر الأولى او المواد الأولى . ويمكن اعادة بناء الكون بصورة عقلانية انطلاقاً من نقطة فيها يشع الضوء . هذا العلم الكوني ، يضع علم البصريات فوق كل العلوم الاخرى : فهو يطمح الى تفسير كل الظاهرات بالخطوط والزوايا والرسوم الجيومترية البسيطة . وهو يستعين ايضاً وبشكل واسع . بمبدأ ارسطو القائل بان الطبيعة تحقق دائماً غاياتها بأقصى درجة من الاقتصاد . اما الاسقف لينكولن Lincoln فيدعو الى الطريقة المسماة « بالتزوير » اي انه بعد ان يعثر ، بواسطة تصنيف الاحداث ، وبواسطة عمل اصيل استلهامي على الاسباب المحتملة في ظاهرة من الظواهر ، فهو يستبعد بالاختزال كل الاسباب التي تتناقض بعض نتائجها مع المنطق اومع الملاحظات الجديدة . وهكذا يكون علمه سلبياً بشكل خاص . وان هو مثلاً نجح في تبين ان ذنب المذنبات لا يعود الى انعكاس ضمة من اشعة الشمس فوق الكوكب ، ولا الى احتراق الدخان ، ولا الى تجمع جملة كواكب مثل طريق المحبرة ، ولا الى ميزان فوق القمر تشتعل بشكل عفوي ، فان التفسير الذي يقدمه شخصياً هو من اكثر التفاسير غموضاً اذ يقول : « ان المذنب هو نارٌ متسامية منفصلة عن طبيعة الأرض ، وقريبة من الطبيعة السماوية وبخاصة من طبيعة الكواكب السبعة » .

وكذلك بعد ان انتقد افكار ارسطو وسينيك Sénèque المتعلقة بقوس قزح اعلن بهذا الشأن عن نظرية غير مكتملة على الاطلاق : فقد ادخل إنكسارين في غمامة محدودبة (انكسار الثاني حدث عند نقطة تلاقي القسم الاقل ثقلاً في الغيمة والقسم الاكثر ثقلاً في الرذاذ) . وذكر بالمقابل بان الخط الذي يجمع الشمس الى مركز القوس يمر بعين الملاحظ . وقلما بدت اكثر وثوقاً تصوراته حول العدسات وحول الانكسار (زاوية الانكسار تتناسب مع زاوية الانعكاس) ، وحول الألوان (بعد ردها الى الزخم الناتج عن شفافية المكان وعن ضوئية ومركزية الاشعة) وحول الحرارة الشمسية التي هي مشروطة بحركة الاشعة .

وبدت « اكتشافات غروستيست Grosseteste مخيبة للآمال اذا قورنت بنواياه الجيدة . وفضله الرئيسي انه كون مدرسة .

روجر باكون Roger Bacon: كان روجر باكون هو اشهر تلامذة غروستيست Grosseteste وقد جعل خطأً ابا العلم التجريبي، بسبب اشتباه اسمه مع اسم سميه فرنسيس باكون Francis Bacon

(القرن السادس عشر) . في حين ان « دكتور ميرابيليس mirabilis » هو بحق وحقيق رجل من القرون الوسطى ، وهو فوق ذلك لاهوتي .

ولكن في نظر هذا المناظر المتحمس لمواقف الانبياء ، هناك عبارات ، اذا عزلت عن اطارها ، بدت بشكل مدهش ذات وقع حديث : من ذلك « لا يمكن ان نعرف شيئاً عن موجودات هذا العالم بدون الرياضيات » ، او ايضاً « ان التحليل العقلي لا يثبت شيئاً ؛ وكل شيء رهن بالتجربة » : وكان على الكنيسة ان تجند لصالحه القدرة التي يتيحها العلم التجريبي لمقاومة الكفار ولأستبعاد الاخطار التي كانت تتهددها في الزمن القريب جداً من المسيح الدجال . وبهذا الشأن يمكن صنع بواخر بدون جدافين ، ودبابات سيارة ، وآلات طائرة ، واجهزة للسير في قاع البحر ، وجسور معلقة ، وآلات تتيح القراءة من مسافات غير معقولة . وهذه الافتراضات الرائعة لم تقترن عند باكون Bacon ببحوث اصيلة كما حصل فيما بعد لاختراعات اشخاص امثال ليونار دي فنسي Léonard de Vinci . ولكنه بدا وكأنه من اوائل الغربيين الذين اكتشفوا بارود المدافع . واذا لم يكن هو مخترع النظارات فقد اهتم بدمج العدسات والمرايا المقعرة . (وقد ذكر عنه الميكروسكوب والتيلوسكوب) وعرف ؛ أيضاً الغرفة السوداء واستعملها لرصد كسوف الشمس . وبالمقابل ، ورغم حماسه للطريقة التجريبية فانه لم يكتشف اي قانون طبيعي ذي اهمية . واما تفوق بصرياته على بصريات غروستيست Grosseteste فسببها قبل كل شيء معرفته باعمال ابن الهيثم . فقد استمر يرى في حجر العين القسم الحساس فيها . ولاحظ ان قوس قزح لا يمكن ان يحدث عندما تكون الشمس اعلى من 42 درجة فوق الافق . وقد انضم الى رأي البير Albert الكبير القائل بان الظاهرة يقع مركزها عند مستوى الحبيبات الرذاذية التي تعمل كل بمفردها كمرايا صغيرة كروية . ولكنه اخطأ بعدم ادخال الانكسار في العملية كما فعل غروستست Grosseteste .

مصير علم البصريات: شاع علم البصريات الذي قال به ابن الهيثم ، في ذات الحقبة على يد جون بيكهام John Peckham (اسقف كنتر بوري سنة 1279) وعلى يد الشليزي فيتيلو Witelo . وكان هذا الاخير أكثر من مجرد جامع : فقد صنع بنفسه مرايا بارابولية محدودبة ، ونجح في صنع آلة بنفسه مكنته من قياس زوايا الانكسار ، لمختلف الالوان في اماكن متنوعة . واجرى الدومينيكي ديتريش Dominicain Dietrech (تيري) (Thierry) من فريبرغ بين 1300 و 1310 تجارب منهجية حول قوس قزح : وهذه هي استنتاجاته :

1 — يفسر القوس الرئيسي بادماج انكسارين وانعكاس واحد فوق السطح الداخلي لكل نقطة .

2— تاتي الالوان المختلفة ، الذي يراها نفس الرائي من حبيبات مختلفة .

3— ان القوس الثانوي يتشكل عند الدرجة 11 فوق القوس الرئيسي وذلك بدمج انكسارين وانعكاسين . وهذا يبرر الترتيب المتعاكس للالوان .

ولكن التيري Thierry شوه عمله ببعض الهفوات (فقد نقل 22 درجة بدلاً من 42 . ولم يعتبر

اشعة الشمس متوازية) ورغم ذلك يبقى واحداً من اشهر المجربين في القرون الوسطى . وقد تاثر به ديكارت Descartes بالذات .

بيير دي ماريكور Pierre de Maricourt : « كتب روجر باكون Roger Bacon يقول : اعرف رجلاً، ورجلاً واحداً يمكن ان يمتدح من اجل اكتشافاته، والاشياء التي لا يراها غيره بجهد، وبشكل غامض ومبهم مثل الوطاويط عند غياب الشمس، يراها هو بشكل واضح لأنه سيد تجاربه. وهو يستحي ان يجهل الاشياء التي يعرفها الاميون، والنساء العجائز والجنود والفلاحون».

هذا العالم التقني ايضاً هو الراعي بيير دي ماريكور Pierre de Maricourt (بطرس بيري غرينوس Petrus Peregrinus) . انه غير معروف كثيراً للاسف الا من خلال رسالته حول المغناطيس التي كتبها سنة 1269 تحت جدران لوسيرا Lucera (ربما وجد فيها كمهندس عسكري لدى شارل دانجو Charles d'Angou) .

وبعد ان ركز على اهمية المهارة اليدوية بالنسبة الى العالم دخل المؤلف في صلب الموضوع . وقال بوجوب تحديد قطبي المغنطيس (وخاصة المغناطيس الكروي) واعلن قانون الجذب والدفع . وابدع في تجربة المغناطيس المكسور والملحوم . اما توجه الابرة في البوصلة فلا يمكن ان يفسر برأيه ، بوجود مناجم مغناطيسية في القطب الشمالي . كما ان هذا التوجه مستقل عن النجم القطبي لانه يتماهى مع القطب الحقيقي اي مع تلاقي وتقاطع الدوائر الهاجرية . وقد لاحظ المؤرخون ان الامر اذا تعلق بالانحراف (وهو اكبر مما هو اليوم) بين النجم القطبي والقطب السماوي ، فهو لم يذكر ولو تلمحياً الانحراف المغناطيسي : وهذا امر عجب من ملاحظ دقيق مثل الفلكي البيكردي Picard ، ما لم يكن الانحراف المغناطيسي يومئذٍ شبه معدوم في ايطاليا .

وسنداً لبطرس بيريغرينوس Petrus Peregrinus ، ان كلية الكرة السماوية هي التي تؤثر في كلية الابرة الى درجة انه اذا ثبتنا بدون حك مغناطيساً كروياً من قطبيه على موازاة محور الكون فإنه يدور على نفسه باتجاه الحركة اليومية او الشمسية .

هذه الآراء النظرية ادت الى تطبيقات عملية مثل البوصلة ذات العوامة او ذات الصوص ، والى دمج الاسطرلاب والمغناطيس من اجل قياس سمت الاجرام السماوية مباشرة ، واكثر من ذلك ايضاً من اجل تحقيق حركة دائمة .

جوردانوس نيموراريوس Jordanus Nemorarius : من المستحيل رد الكتابات الدائرة تحت اسم جوردانوس نيموراريوس الى اية مدرسة . وشخصية الرجل لا يمكن التثبت منها بيقين كما لو كان جوردانوس دي ساكسونيا Jordanus de Saxonia الذي حل محل القديس دومينيك Dominique كرئيس عام للاخوة الكرازين (من سنة 1222 الى 1237) . ان كتبه : اليمنتا اريتماتيكا Elementa Arithmeticae ، والغوريتموس وكتاب الجبر : نوميروس داتي Numeris Datis ، لا تقدم شيئاً جديدا ، بل تعبر عن الرغبة في توسيع حقل تطبيق التبيين الاقليدسي (استخدام الحروف لتعيين كميات معلومة او مجهولة ، يبدو فيه بصورة منهجية) . اما كتابه عن المثلثات فيضم التأثيرات اليونانية والتقديمات العربية ـ مثل القاعدة القائلة بان ضلع السباعي المنتظم تساوي نصف ضلع المثلث المتساوي الاضلاع المحبوس في نفس الدائرة . . .

والمعزوة الى الهنود ، الا انها قد استعملها هيرون الاسكندري Héron d'Alexandrie من قَبْلُ .

اما كتابه بلانيسفير Planisphère فيتفوق على كتاب بطليموس ويضع ، وبكل عموميتها القاعدة الاساسية في الاسقاط الستيريوغرافي الذي عليه يرتكز بناء الاسطرلاب (اي السمة التي تقضي بان تسقط الدائرة وفقاً لدائرة) .

اما كتاب اليمنتا جرداني Elementa Jordani . . . فهو اكثر من شرح « للمسائل الميكانيكية » ولكتاب ليفي وبوندوروسو Levi Et Ponderoso والمعزوان الاول الى ارسطو والثاني الى اقليدس . وبحسب بديهية جردانوس Jordanus : ان الذي يرفع وزناً ما الى ارتفاع معين يستطيع ان يرفع وزناً اكثر ثقلاً بعدد من المرات ، انما لارتفاع اقل بعدد من المرات : وهذا هو اساس مبدأ النقليات المحتملة . ومنه تستخرج حلول مسائل العتلة .

ويهتم المؤلف بـ غرافيتا سيكوندم Gravitas Secundum Situm اي بتركيب الوزن تبعاً للمسار المنحني والمفروض على الجسم المتحرك . وقد طبق هذا المفهوم على الحركات الملتوية فوق كفتي ميزان . وهذا قاده الى درس « اقواس متناهية الصغر . واذاً فقد كان عنده احساس مسبق بالحساب اللا متناهي .

ومن الصعب تحديد مؤلف كتاب ليبرجورداني Liber Jordani بيقين ، اي المؤلف الذي يسميه دوهم Duhem ، « السابق ل ليونارد دي فنسي Léonard De Vinci » . ومهما يكن من امر نجد في كتابه دراسةً حول السطوح المنحنية ، وصيغة كمية ل (غرافيتاس سيغوندم سيتوم Gravitas Secun-dum Situm) ، وفيه يدخل مفهوم اللحظة ، واخيراً نجد فيه تطبيقاً ذكياً لمبدأ التحركات المحتملة لتوازن العتلات ذات المتكأ . وهذا الكتاب الذي نشر سنة 1565 سنداً لمخطوط عن تارتاغليا Tartaglia ، اثر بصورة مباشرة على ستيفن Stevin وعلى غاليلي Galilée .

الرياضيات في العصور الاغريقية القديمة حتى القرن الثالث عشر: لقد ظهر الاهتمام بالرياضيات عندكامبانوس دينوفار Campanus de Novare الذي شرح شرحاً كلاسيكياً تقريباً «عناصر» اقليدس التي ترجمت من قبل آديلار الباتي Adélard de Bath . ونجد فيها بشكل خاص المقاطع الدالة على ان العدد الذهبي أي النسبة الالهية عند لوكا باسيولي Luca Pacioli ، كان معروفاً تماماً في حقبة الكاتدرائيات الغوطية .

ان الدومينيكي غليوم دي موربيكي Guillaume de Moerbeke ، رئيس اساقفة كورانتا سنة 1276 ، والصديق الشخصي لالبير Albert الكبير ولويتيلو Witelo ، وبدون شك للقديس توما Thomas : كان اهم من الجميع . وترجماته عن بروكلوس Proclus اثارت دفعاً حقيقياً للافلاطونية . وترجماته عن ارسطو تعبر عن الاهتمام الدائم عند القديس توما Thomas ، من اجل العثور وراء النصوص العربية عن الفكر الاصيل عند هذا الفيلسوف (اي ارسطو) . ولكن عنوان مجده الرئيسي هو الترجمة التي قدمها باللاتينية ، سنة 1269 ، سنداً للاصل اليوناني عن التأليف الكامل لارخميدس ، باستثناء كتاب آريناريوس Arenarius ، والمنهج وكتاب ستوماكيون Stomachion « ومسألة الثيران » . اما الطبعات اللاتينية التي وضعها ل. غوريكو L. Gaurico (1503) ون. ترتاغليا

N. Tartaglia (1534) فإنها ليست الا نقلاً لعمل غليوم دي موربيكي Guillaume de Moerbeke . فضلاً عن ذلك كان كتاب منسورة سيركولي Mensura Circuli شائعاً في الغرب منذ القرن الثاني عشر بفضل الترجمات المأخوذة عن النص العربي على يد افلاطون دي تيفولي Platon de Tivoli (بين 1134و1145 ، ثم من قبل جيرار الكرموني Gérard de Crémone (ت 1187) . اما كتاب سفارا وسيليندرو Sphaera et Cylindro فكان معروفاً ايضاً ، على الاقل جزئياً ، بفضل « فيربا فيليروم ... Verba Filiorum « لبني موس » ، وبفضل « ليبردي كرفس، Liber de Curvis ... » المنسوب الى الغامض جوهانس دي تينمو Johannes De Tinemue .

المجموعة الاسبانية : لا يمكن ان نفهم تنوعية القرن الثالث عشر بدون العودة ، ولو للحظة ، الى شبه الجزيرة الايبيرية ، فقد سبق القول ، في الفصل الماضي عن تأثيرات العرب التي جمعها الفونس العاشر Ahphonse X العالم ، والمكانة المهمة التي اعطاها في كتبه للعلوم الخفية . اما مواطنه النصفي البرتغالي بطرس هيسبانوس Petrus Hispanus ، فقد كان من خلال كتابه « صومالا لوجيكالي Summulae Logicales » احد المعلمين الاشهر في الجدلية . ولكن بدلاً من الوقوع في الاسمية وفي الشكوكية ، فقد نادى مبرزاً بالاغوسطينية السيناوية (نسبة الى ابن سينا) وعندما اصبح بابا باسم جان 21 Jean XXI ، بدا انه تدخل شخصياً من اجل الحكم على الرشدية وعلى الارسطية التوماوية المعلمتين في باريس . (1277) .

وكان بطرس الاسباني ايضاً ـ مثل ابن سينا طبيباً ـ وبهذا العنوان حاول ان يوفق بين التجربة والتحليل العقلاني . وبالاستقلال عن العديد من الشروحات حول هيبوقراط وغاليان واسحاق كتب مطولاً حول امراض العين وكتاباً متوسطاً لتبسيط العلم الطبي سماه كنز الفقراء . واهتم بشكل خاص بمسائل النفس (النباتية والحسية والعقلية) .

وعمل استاذاً شهيراً في مونبيليه وكذلك طبيباً لملوك آراغون Aragon وللبابوات وارنود دي فيلنوف Arnaud de Villeneuve (توفي سنة 1311) واسندت اليه مؤلفات (كثير منها مزور او مشكوك به) . ومن حيث المبدأ ، وكما هو الحال في العديد من معاصريه نادى بالتجربة . ولكن على اساس ملاحظاته ، رسم تصوراً واسعاً للكون ، تسيطر عليه نظرية الروح او القوة الحيوية ، وهي نوع من السائل غير المادي والكوني القابل للانتقال من مجال الروح الى مجال الحياة ، وكذلك من شخص الى آخر ومن الكواكب الى الكائنات الحية والى الاشياء . هذه الاحيائية الكونية تفتح الباب واسعاً امام علم النفس والخيمياء والسحر ، وهي التي جرت ارنود Arnaud الى تيار صوفي مسرف شجبته الكنيسة .

هذه الاحيائية حملت ارنود Arnaud ايضاً كي يعمل ضد استطبابية سالرن Salerne وذلك بتبسيط نظام الحمية ، وكذلك بالتضييق في أستعمال الادوية ، والايصاء بطب قائم على المناعة ، ومفسح في المجال امام الادوية النفسانية .

وهناك كاتالوني آخر ، الدكتور المستنير ريمون لول الماجركي Raymond Lulle de

Majorque الذي يبدو لنا قبل كل شيء كمنطقي . ويقوم فنه على الحصول ميكانيكياً على كل التركيبات الممكنة ، بحسب المفاهيم الاساسية ، بواسطة جداول وصور دائرة . وكان لول Lulle صوفياً فرنسيسكانياً ، فطبق هذه الجدلية الجديدة ، على البحث في « الطبيعة » ، وبذات الوقت في المبادىء الرياضية ، عن كمال الله . ولكنه غاص بنفسه في هذا المنطق الشكلاني والمعقد .وليست مؤلفاته العلمية (وبخاصة كتابه في الجيومتريا) الا تبريراً تفخيمياً وغير مفيد للمفاهيم البدائية الشائعة في ذلك الزمن .

وكل هذا يحمل على الاقل شهادة ضد اولئك الذين لا يرون في الفكر الوسيطي ، الا التيار الارسطي ، نذكر ، لتبيين عدم الشكلانية في المدرسة الكاتالونية ، المزاعم الفجة لرجل مثل ارنود دي فيلنوف Arnaud de Villeneuve الذي يقول عن القديس توما الاكويني Thomas D'Aquin« انه لا يتصرف تصرف العالم اللاهوتي بل تصرف الثور » . مثل هذه البذاءة في الكلام وتكرار الاحكام الشاجبة يدل ، بشكل غريب ربما انما موثوق ، على تنوعية ، بل وحتى على حرية التعبير لدى كتاب القرن الثالث عشر .

3 ـ ردة الفعل ضد فيزياء ارسطو

ان بعض معلمي القرون الوسطى السفلى قد وصفوا ، خصوصاً بمقدار ما كانوا يحاربون الفيزياء الارسطية ، بانهم سابقو غاليلي . ويجدر اذا ان لا ننسى ان الفيزياء المشائية لم تعتبر على الاطلاق كقلعة منيعة . وقبل ان يبدأ الاسميون الباريزيون في تفكيكها ، كانت موضوع تحفظات عند انصار العلم التجريبي كما كانت مرفوضة عند رجال اللاهوت . اما علماء الفلك فقد تخلوا عنها بصورة مطلقة وببساطة .

الفيزيائيون وعلماء الفلك : هذا التعارض بين الفيزيائيين وعلماء الفلك يعود الى العصور القديمة . من المعلوم ان ارسطو الحق بتوليفه « بتركيبته » الواسعة نظام ايدوكس . وكانت الكرات التي تحمل الكواكب تدور ، حتماً ، في نظره دوراناً منسق الحركة حول مركز واحد تحتله ارض كروية وجامدة . وكان نظام بطليموس في كراته ذات المراكز الخارجية وفي افلاك التدوير فيه يتعارض مع فيزياء ارسطو . ومع ذلك فقد توصل وحده الى تفسير الظواهر . ووحده اتاح وضع جداول فلكية ضرورية للحساب ولعلم التنجيم . الا ان المجسطي Almageste لا يعطي الا قيمة وهمية خالصة للبناءات الجيومترية التي يستعملها . اما الترجمة العربية للكتاب الثاني من « فرضيات حول الكواكب » فيجسد هذه الابنية الجيومترية ويعطيها وجوداً حقيقياً . وبنقل هذا التأويل ، جعلت مؤلفات ثابت ابن قرة التعارض اكثر بروزاً ، والاختيار اكثر ضرورة بين ارسطو وبطليموس .

وتبدو الفيزياء الارسطية اكثر عرضة للرد ، ولكن خلافاً لما هو متوقع عرفت نوعاً من التجدد العابر والشهرة عندما انتشرت في الغرب « نظرية الكواكب » للبتروجي Al — Bitruji ، بعد ان ترجمها ميشال سكوت Michel Scot سنة 1217 . ويفسر هذا النظام الجديد مسار الكواكب ، بتراتبية معقدة للغاية ، بين الأواليات المتراكبة « التي يقلد بعضها بعضاً بشكل غير كامل » . وهذا النظام الجديد لا يتعارض مع فيزياء ارسطو ولكنه لا يعطي الا توضيحاً نوعياً ، واجمالياً للمظاهر .

وجذبت « النظرية » لالبيرتراجيوس غليوم الاوفرني Guillaume Alpetragius حوالي سنة 1230 . وبعد ذلك بقليل كان لهذه النظرية تأثير عميق على روبير غروستست Robert Grosseteste . وانتهى البير Albert الكبير الى رفض هذه النظرية اخيراً بعد ان كون عنها فكرة مبسطة تقريباً . اما القديس توما الاكويني Thomas D'Aquin فقد تأثر في بادىء الامر بهجوم ابن رشد على المجسطي . ولكنه انتهى الى نتيجة حسية واقعية قريبة جداً من النتيجة التي عبر عنها سابقاً سامبليسيوس Simplicius حيث يقول :

« ورغم ان هذه الطروحات (طروحات بطليموس) تبدو منقذة للمظاهر ، فان هذا لا يعني انها حقيقية ، اذ يمكن تفسير الحركات الظاهرية للكواكب باسلوب آخر ، لم يصل العلماء اليه بعد » .

وعندها ظهرت ، في سنة 1267 ، الترجمة اللاتينية « للخلاصة الفلكية » لابن الهيثم . وهذه الترجمة جسدت الكرات خارج المركز ، وافلاك التدوير ضمن كرات جامدة يسهل على الخيال تصورها ، فامالت الميزان بصورة نهائية لصالح بطليموس . وكتاب « ايماجيناسيو مودرنورم Imagina-tio Modernorum » كما يسمى دخل في الفكر المدرسي مع كتاب روجر باكون Roger Bacon « اوبوس ترسيوم Opus Tertium » . الا ان ابا العلم التجريبي المزعوم لم يعتمده ، وفضل ان يصطف مع رأي الفيزيائيين القائل : « من الافضل انقاذ نظام الطبيعة ، حتى ولو خالفنا الحواس ، لان هذه الحواس تخطىء كثيراً ، وخاصة بفعل المسافات البعيدة » . ولكن اللعبة قد تمت مع برنارد الفردوني Bernard de Verdum وريشار دي ميدلتون Richard de Middleton (بعد 1281 بقليل) وطرد ارسطو من السماء ، وبقيت سلطته محدودة بعالم تحت القمر .

تقدم علم الفلك: كانت هناك مسألة اخرى تتقاسم العلماء في القرن الثالث عشر وهي مسألة الاختيار او مسألة التوفيق بين الارتجاج وبين تعاقب الاعتدالين .

وسرعان ما توجب ادخال كرة تاسعة بدون كواكب على مدارات الكواكب السبعة والنجوم الثوابت ، من اجل فصل الدوران اليومي للعالم عن حركة البروج البطيئة وحركة الافلاك (لأن كل كوكب بحسب رأي ارسطو ، لا يمكن ان يكون له الا حركة واحدة خاصة به ، مستقلة عن الانجرارات التي تحدث له) .

وكان بعض المؤلفين امثال ميشال سكوت Michel Scot وغليوم الاوفرني Guillaume D'Auvergne او كمبانوس النوفاري Campanus De Novare، يعرفون ايضاً سماءً عاشرة جامدة : وسموها « امبيري » .

اما مسألة تعادل الليل والنهار ، وبالتالي ثبوتية او تغيرية الفرق بين السنة الكواكبية والسنة المدارية او الاستوائية ، فقد ارتدت اهمية بالغة في القرون الوسطى ، خاصة وان الروزنامة الجوليانية قد اضطرب نظامها بشكل خطير بالنسبة الى مجرى الشمس الحقيقي . ان تحديد اعياد الفصح والاعياد الرئيسية والطقوسية اصبح ضمن هذه الظروف تحكمياً ومنفراً .

ومنذ منتصف القرن الثالث عشر شعر حاسبو الروزنامت ، مع غروستست Grosseteste ومع ساكروبوسكو Sacrobosco ومع كامبانوس Campanus ان الإصلاح اصبح ضرورياً . ودعا باكون Bacon أيضاً الى تحقيق هذا الاصلاح وطلب ذلك الى البابا كليمان Clément الرابع . ولكن لم يكن بالامكان عمل اي شيء ، لعدم الحسم النهائي بين الارتجاج والتعاقب . ومن سنة 1318 الى سنة 1344 ، اخذ جان دي مور Jean de Murs يبحث في قيمة الجداول الالفنسية ، وهو يرصد بدقة الكسوفات محاولاً تحديد اللحظة الصحيحة لانقلابات الاعتدالات والمنقلبات (مخطوط الاسكريال) وذلك بدقة بالغة ، وبالاستناد الى هذا العمل التمهيدي الطويل ، الف ، سنة 1345 وبامر كليمان Clément السادس وبالتعاون مع فيرمين دي بلفال Firmin de Belleval ، « ايبيستولا سوبر ريفورماسيو . . . Epistola Super Reformatione . . . » وفيها قدم العلاجات التي كونت بعد قرنين ونصف (سنة 1582) مجد غريغوار Grégoire الثالث عشر .

والاهتمام الذي اثارته في القرن الثالث عشر دراسة علم الفلك ، يدل عليه الانتشار غير المعقول لكتيب بدائي جداً ، انما منتظم بوضوح هو « كرة » ساكروبوسكو Sacrobosco . وعرفت « تيوريكا بلاناتورم Theorica Planetorum » المنسوبة الى جيرار Gérard ، وكذلك كتب كامبانوس Campanus وبرفاسيوس Profatius ايضاً نجاحاً ضخماً .

واخذ الاسطرلاب يتحسن ، رغم انه كان بدائياً في ايام هرمانوس كونتراكتوس Hermannus Contractus (وجود السموت ، وظهور « الاوستنسور » ودقة الترقيم على المدار) . وهذا التطور رافقه ترجمات قام بها ما شاء الله وكُتُب ريمون المارسيلي Raymond de Marseille (حوالي 1140) ، وكامبانوس النافاري Campanus De Novare ثم فيما بعد جيوفري شوسر Geoffrey Chaucer .

وابتكر بيير ماريكور Pierre De Maricourt ، بعد 1261 بقليل اسطرلاباً يمثل كلية الكون . وقدم هنري بات Henri Bate الماليني الى غليوم دي موربيكي Gurllaume de Moerbeke آلة معدة بشكل خاص للتنبؤات النجومية ، مقدماً ، بشكل خاص الاشارة الى كل الكواكب المشرقة او الغاربة في اية لحظة . اما « سافيا » آزاركيل فتمتاز بشموليتها اي انها تستعمل تحت كل الارتفاعات . وقد عرفت هذه السافيا وانتشرت في صيغتها الاصلية ابتداء من 1263 .

ان مثل هذه الاجهزة ، هي كما قلنا ، اقرب ان تكون ادوات حساب مسار النجوم اكثر مما هي ادوات رصد : وهي تفترض معارف رياضية ، يقدمها كمثل جيد كتاب « بلانيسفير » لجوردانوس Planisphère de Jordanus . وتقتضي هذه الاجهزة بشكل خاص بناء خارطات سماوية تمثل الكواكب مع مستحدثاتها الصحيحة .

وتمت قياسات الزاوية الدقيقة في القرون الوسطى ، كما في عصر تيكوبراهي Tycho Brahé ، بواسطة ساعات (كادران) كبيرة جداً ، ولكن هذه الادوات بالذات تغيرت . وحلَّ ، بدلاً من ساعات : Vetustissimus) ذات خطوط الاسقاط ، الساعة ذات الخطوط الساعاتية .

وهنـاك مقيـاس متحـرك يسمـح ، في كـل يـوم من السنـة . بـاضـافـة انحـدار الشمس عن الارتفاع المرصود او طرح هذا الانحدار منه ، الامر الذي يجعل من الممكن التحديد الآني للساعة او للارتفاع ، دون اللجوء الى الجداول .

وقد تم وصف« التوركت » ، لاول مرة ، وبآن واحد تقريبـاً من قبل بـرنار الفـردوني Bernard De Verdun ومن قبـل فرانكـون البـولـوني Francon De Pologne (1284) . وتتضمن هـذه الآلـة العجيبة اربعة دوائر ـ منها ثلاثة مزودة بالعدادات ـ متوازية بآن واحد مع الافق ومع خط الاستواء ومع المدار البروجي ، ومع السطح العادي لهذا الاخير : وهي تسهل بشكـل خاص مـرور الاحداثيـات الاستوائية بالاحداثيات المدارية وبالعكس . واهتم كامبانوس النوفاري وغليوم سانكلود Campanus de Novare Et Guillaume de Saintcloud ايضاً بتحسين الادوات الفلكية . واخيراً ، وفي سنة 1342 عرَّف ليفي بن جرسون Lévi ben Gerson بعصا يعقوب (او المقلاعة) التي اخترعت في القرن الماضي من قبل يعقوب ابن ماهير Jacob Ben Mahir . وجرب علماء القرون الوسطى ان يضعوا جداول فلكية اكثر فاكثر دقة . وقد مارس علم الفلك ، وهو يستجلب الى مثل هذا العمل اقوياء هذا العالم ، في هذا المجال تأثيراً متزايد التوفيق .

ان الجـداول الطليـطلية او جـداول ازركيل Azarquiel هي اسـاس نشأة ذريـة طـويلة من الجداول منها « جداول مارسيليا » (1140) ، « والقوانـين » لروبـير الريتيني Robert de Retines (طليطلة 1149 ، ولندن 1150) وجداول روجر الهيريفوردي Roger de Hereford (1178) ، وجداول لندن (1232) ثم كتاب حول قوانين آزاركيل Azarquiel الذي وضع في مارسيليا من قبل غليـوم الانكليزي (1231) ثم الـروزنامـات التي كانت بجـانب ساعـة روبير Robert الانكليـزي وتصحيح جداول هومينيز Humeniz سنة 1239 الخ .

وفي سنـة 1292 انتقد غليـوم دي سـانكلود Guillaume de Saint Cloud بحـدة الجـداول المسماة جداول تولوز (وهي مشتقة من جداول طليطلة) وقد ارتكـز من اجل هـذا على مـلاحظات وارصاد شخصية ذات دقة بالغة : من ذلك انـه قدر في سنـة 1290 ارتفاع بـاريس بـ 48 درجة و50 دقيقة ، كما قدر انحناء فلك البروج بمعدل 23 درجة و34 دقيقة . ولاحظ ايضاً ان المسافـة بين رأس الحمل ونقطة الاعتدال الربيعي تبلغ يومئذٍ 10 درجات و13 دقيقة ، في حين انها لم تزد في ايام ثابت ابن قرة Thabit Ibn Qurra عن 9 درجات و23 دقيقة .

ولم تظهر الجداول الالفونسية في باريس الا في حوالي سنة 1296 . ولم يستقبلها علماء الفلك رغم معرفتهم بامتيازها على جداول طليطلـة الا ببطء ومع الشك الكبير . وسعى جان لينيير Jean de Linières في سنـة 1322 ، وجـان ديسكس Jean de Saxe سنـة 1355 و1356 الى تـسهيـل استعمالها .

امـا جيـو فـروا دي مـو Geoffroy de Meaux فقـد انتقـدهـا بعنف (1320) وكـان جـان دي مـور

Jean De Murs اكثر حكمة فسعى الى التثبت منها بواسطة ساعة كبيرة شعاعها 10 اقدام سنة 1318 .

هذا الازدهار للقياسات الفلكية دفع الى تقدم علم المثلثات واذا كان من غير الدقيق القول ، كما يجري غالباً ، بان هذا العلم قد دخل الى الغرب في مطلع القرن الرابع عشر ـ فقد كان معروفاً عن طريق الترجمات اللاتينية لجدول الخوارزمي وجداول آزركيل Azarquiel ـ ، فلا يمكن الانكار على ثلاثة من الانكليز شرف جعل هذا العلم ميداناً مستقلاً : انهم ريشار ولينفورد Richard Wallingford (حوالي 1326) وجون مودويث John Mauduith وسيمون بريدون Simon Bredon (1380) .

وكان الباريسيون متاخرين قليلاً في زمن جان دي لينير Gean De Linières ، ولكنهم استدركوا هذا التأخر بفضل أساتذة اكسفورد ، لأن جداول السينوس ، لصانع الاسطرلاب جان فوسوري Jean Fusoris ، راعي نوتردام ، استخدمها فيما بعد ريجيومونتانوس Regiomontanus : وقد دفعت هذه الجداول حتى الوصول الى السكست ، بالحسابات التي توقف بها ليفي بن جرسون Lévi Ben Gerson عند الكسر الثاني الستيني من الشعاع . وهي تنبىء حتى بجداول اضافية من اجل اتاحة تصحيح الاخطاء التي يقع فيها النساخون والتي هي متوقعة .

وسرعان ما ابتكر علماء الفلك الوسيطيون ، نقلاً عن اجتزاء التفكك البطليموسي لحركات الكواكب ، المجرى المنتظم لكل كوكب فوق مداره وكذلك مجرى مركز فلك التدوير فوق حامله . ومن هذا المبدأ تولد الاستوائي ، وهي آلة فلكية تمكن من التحديد بشكل جيومتري ، وبتقريب كافٍ ، المكان الحقيقي للكواكب الضالة . وقد قام بوصف الاستوائي اولاً ابن سامح والزركلي Ibn Al Samh , Al Zarqali ، وكامبانوس دي نوفار Campanus de Novare وجان غموندن Jean de Gmunden وجان دي لينير Jean de Linières وجيوفري شوسر Geoffrey Chauser ، وحسنه بشكل خاص جان فوسوري Jean Fusoris (بين 1410 — 1415) ، ثم من قبل غليوم جيليسون من ويسكرك Guillaume Gillizsoon de Wissekerke ، او من كاربانتراس Carpentras (اواخر القرن الخامس عشر) ولم يدم هذا الاستوائي ، بالتأكيد بعد نظام افلاك التدوير التي يشكل بالنسبة اليها تجسيداً ذكياً . وهو بحكم انه آلة حساب ان امكن القول ، فهو اي الاستوائي يعمل على تبسيط الحسابات وحتى على الغائها . ولا يمكنه بالتأكيد ان يحسنها .

ويستعمل علماء الفلك بصورة دائمة الكسور المسماة فيزيائية (اي الستينية) وذلك في مقابلة الكسور الطبيعية . واستخراج الجذور ، عندما يسار به الى ابعد من الوحدة ، حمل بالتالي جان غموندن Jean de Gmunden ، وجان مور Jean de Murs ، وجان لينير Jean de Linières ، وبصورة خاصة اليهودي عمانوئيل بونفيس التراسكوني Emmanuel Bonfils de Tarascon ، الى استعمال ـ دون ان يدرك فوائدها ـ الكسور العشرية التي يحولها حالاً الى دقائق وثوان .

وقد أثمرت كل هذه النتائج الحاصلة بمشقة ، ثمارها في القرن الخامس عشر في جامعة فيينا وليدة جامعة باريس ، بفضل بورباخ وريجيو مونتانوس Peurbach et Regiomontanus .

وبالعكس من ذلك بدا تاريخ علم الفلك مخيباً للآمال فيما وراء الالب . ولم يثر الصراع بين انصار ارسطو وانصار بطليموس اهتمام الايطاليين ، في الوقت الذي كان يخض جامعة باريس وجامعة اكسفورد تحت تأثير ترجمة البيتراجيوس Alpetragius . وهذا الصراع اندلع ، بالمقابل في شبه الجزيرة ، في منتصف القرن الخامس عشر مع بول البندقي ومع بروس دوسيمو ذي بلدوماندي ، Beldomandi Prosdocimo ومع قطان التيني Gaetan de Tiene . وعندها ظهر في قلب المدرسة الرشدية في بادو ، براهين عرف الباريسيون بعد قرن ونصف القرن من الزمن بطلانها .

وهذا يسمح لنا بان نرى كم هو صحيح حكم اتيان جلسون Étienne Gilson عندما صرخ : « انها الرشدية وليست المدرسية عموماً هي التي لنا الحق بتشبيهها بالارسطية العنيدة والمحدودة » .

التيولوجيون وفيزياء ارسطو : والواقع ، ورغم محاولة التوفيق التي حاول ان يجريها القديس توما الاكويني Thomas D'Aquin ظلت الارسطية اللاتينية مطبوعة بعمق بسيطرة ابن رشد ، وظلت تصدم المعتقد المسيحي في عدة نقاط مهمة .

اما الستاجيري Stagirite ، اي ارسطو فكان يرى ، كما هو معلوم ان الالهة ليست الا عقولاً جامدة همها اعطاء الاكر السماوية دوراناً ضرورياً ودائماً . ان المادة ابدية ، واذاً لم يكن هناك خلق من العدم ولن يكون هناك فناء للكون والكون محكوم بالتزامن الدائم للارتباطات (التلاقي) ، والتعارض بين الكواكب . وهذه العقيدة وبعد ان اثقلت بالحتمية الاسلامية ، وبالتسليم المطلق لمبادىء التنجيم لم تترك للانسان الا وهم الحرية : « كل ما هو ممكن كائن ، وكل ما لم يقع هو مستحيل اوباطل [ليس في الامكان ابدع مما كان]* . وتعلم الرشدية صراحة وجود عقل فاعل مشترك بين كل الناس ، وبالتالي استحالة القول عقلانياً ببقاء النفس الفردية . والرشدية لا تستطيع اذاً تفادي اللامبالاة الدينية الا لقاء العوبة خطرة وذلك بالأعتقاد بما يمليه الأيمان ضد ما ينكره العقل .

والهجوم ضد امثال هذه المعتقدات سوف يخرج الله من الميكانيكية الضيقة التي اراد « الفيلسوف » وشارحه حبسه فيها . اليس هذا الحكم هو الذي سوف يساعد بذات الوقت العلم على التحرر من سيطرة ارسطو وبالتالي فتح الطريق ، بشكل عجيب ، امام غاليلي ؟

ويطرح السؤال بشكل خاص ، بمناسبة المعتقدات المراقبة سنة 1277 من قبل اسقف باريس ، اتيان تامبيه Étienne Tempier . ومن بين المئتين والتسعة عشر خطأً مكروهاً التي لم يخش بعض طلاب كلية الفنون معالجتها ومناقشتها في المدارس » كان هناك خطآن على الأقل ، يستحقان التفات مؤرخ العلوم : « ان الله ، بحسب الخطأ الأول ، لا يستطيع اعطاء السماء ، حركة انتقالية ، وذلك بسبب ان السماء تتحرك بشكل يجعل الفراغ وراءها » . والخطأ الثاني يقوم على الزعم « بان السبب الأول لا يستطيع خلق عدة عوالم » .

(*) الترجمة .

وبالتأكيد ان قرار اتيان تامبيه Étienne Tempier قد حُرِرَ عَلَى عجل . اذ لم يفكر احد على الأطلاق ان يعطيه ، او ينكر على اية واحدة من مجمل الأكر السماوية مطلق حركة انتقالية . وهذا لم يمنع بيار دوهم Pierre Duhem من اظهار حماسه ، فكتب يقول « اذا توجب علينا تحديد تاريخ لولادة العلم الحديث ، فإننا نختار بدون شك سنة 1277 . . . باعتبار ان هذه الولادة هي رفضٌ للضرورة اليونانية [اي للارتهان للفكر اليوناني] وهذا الرفض حمل العديد من علماء اللاهوت على التاكيد ، عملاً باطلاقية قدرة الألّه المسيحي على اعتبار المواقف العلمية او الفلسفية المعتبرة مستحيلة ، سنداً لجوهر الاشياء ، ممكنة . والمفهوم اللاهوتي لخالقٍ كلي القدرة قد حرر الافكار من الاطار المحدد الذي حصر فيه الفكر اليوناني الكون ، وذلك عندما اتاح هذا المفهوم التجارب العقلية وسمح بها » . ولا يمكن بهذا الشأن الانكار بان اللاهوتيين قد شجعوا « الفنانين » على الحصول على نوع من الاستقلال في الحكم تجاه ارسطو . ولكنهم قدموا شيئاً آخر غير المساهمة السلبية الخالصة ؟

ان فضاء ارسطو ، (مثل فضاء انشتاين) ، هو متمدد بتمدد الكون : وكل حركة يفترض لها مكان ، وخارج العالم لا يوجد مكان ، ولا يوجد شيء على الاطلاق ، ومن هنا بطلان تعددية العوالم .

وبالاعتراف لله الكلي القدرة ، بالقدرة على الخلق اذا شاء ، خلقِ أي شيء خارج العالم ، مكَّن اتيان تامبي Étienne Tempier ان يُحِلَّ محلَ الفضاء الفيزيائي الخالص الذي قال به ارسطو ، فضاءً جيومترياً لا متناهياً شبيهاً بفضاء اقليدس وديكارت . وللاسف ، وكما بين ذلك بوضوح آ. كواري A.Koyré لم يثر المجال الجديد الذي فتح هكذا امام تأملات الفلاسفة والرياضيين اهتمام احد . والمفكرون الوحيدون الذين وقفوا عنده ، كانوا مهيئين له بنوع من الافلاطونية الاوغسطينية . وكان ذلك بشكل خاص حال استاذ اكسفورد توماس برادواردين Thomas Bradwardine . فهو يرى ان لا شيء يمكنه الحد من الجوهر الألهي ولكن الله لا يمكن ان يكون بدون ان يتصرف ولا ان يتصرف بدون ان يكون (وحتى بدون ان يكون حاضراً) . واذاً فهو حاضر وفاعل في كل مخلوق . ولكنه سرمدي ، ومن هنا حضوره الدائم في كل الكون . ان خلق العالم يفترض اسبقية وجود المكان ، ولكن من المستحيل تصور فضاء فراغ محدد . واذاً لا بد من التسليم بالقاعدة الفيثاغورية الشهيرة : « الله هو دائرة ومركزها في كل مكان اما محيطها فلا مكان له » .

وروبير غروستيست Robert Grosseteste ، بتصوره لكون متشكل بفيض النور انطلاقاً من نقطة ، كان قد نادى في اكسفورد ، انما قبل ذلك بقرن ، باطروحة مماثلة نوعاً ما . فالمدرسية لم تنتظر انكار سنة 1277 لكي تطرح موضوع اللا نهائي في صيغته الاكثر عمومية . ويعارض القديس توماس الأكويني Thomas D'Aquin « اللامتناهي الخالق » . « باللامتناهي المخلوق فينكر وجوده . ويبين جيل الرومي Gille De Rome (1247 — 1316) انه من الواجب تصور اللا متناهي من ثلاثة اوجه ، بحسب ما اذا كان البعد ، يتحقق ، ضمن التجريد ، او ضمن الهيولى عموماً او ضمن مادة بعينها . والمادة لا يمكن قسمتها بشكل لا متناهٍ ، اذ يحدث وقت تصبح فيه من غير ماهية . والفكر الوسيطي استعاد هنا النظرية الذرية ، ولكن روجر باكون Roger Bacon حارب هذا الفكر عندما لفت النظر

الى ان ضلع المربع وقاطعه اذا لم يكونا مشتركين في جزء مشترك بينهما ، فان ذلك يعني امكانية قسمتهما بقدر ما نشاء دون التوصل الى حد ادنى غير قابل للقسمة . وادخل بطرس هيسبانوس Petrus Hispa-nus في المناقشة مفهوماً اساسياً عندما عارض اللامتناهي القاطع او الفعلي بلا متناهٍ ممكن او الصيروري .

وفي منتصف القرن الرابع عشر تصور البير الساكسي Albert de Saxe مروحة تكون خطواتها المتتالية متناسبة مع معالم تصاعدية هندسية ذات اس يساوي 1/2 : 1, 1/2, 1/4, 1/8, 1/16 الخ وارتفاع اللولبات لا يمكن ان يتجاوز مجموع التصاعدية اي 2 ، ولكن المنحنى بالذات يبقى لا متناهياً وبالصيرورة، واذاً فقد استشعر البير Albert وجود تناظر بين اللا متناهي الكبر واللا متناهي الصغر ولكن هذه الفكرة سوف لن تستخدم قبل القرن السابع عشر .

التفسير الرياضي للفيزياء : في عالم تحت القمر ، كما نظمه ارسطو، لكل شيء مكانه الطبيعي : في المركز الأرض ، ثم في المناطق المتتالية ذات المركز الموحد هناك الماء والهواء والنار : وعملاً بهذا المبدأ يسقط الحجر نحو الأرض في حين تنزع اللهبة الى الصعود . واذاً فكل حركة تقتضي اختلالاً بالتوازن او محاولةً لاقامة هذا التوازن من جديد : ويمكن تعريف الحركة بأنها فعل كامن طالما هو كامن . وسرعته تتزايد بتزايد القوة التي تستثيره . وهي تتناقص بسبب يتعاكس مع مقاومة تسعى الى عرقلة حركته . وهذا القانون يمكن ان يكتب كما يلي :

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{F_2\,R_1}{R_2\,F_1} \quad \text{او بصورة افضل} \quad V = \frac{F}{R}$$

الا ان ابن رشد اعطى لهذا القانون تفسيراً غامضاً عندما اعلن ان السرعة مرتبطة بفرق القوة المحركة وزيادتها على المقاومة . الا ان توماس برادواردين Thomas Bradwardine له الفضل في البحث ، في كتابه تراكتاتوس Tractatus . . . لسنة 1328 ، عن صيغة ترضي رياضياً . فقال : ان $V = \frac{F}{R}$ محال لأن القوة اذا كانت تساوي او تقل قليلاً عن المقاومة ، تنعدم الحركة رغم ان V تبقى أعلى من صفر . ولا يمكن كذلك أيضاً افتراض أن :

$$\frac{V_2}{V_1} = (F_2 - R_2) - (F_1 - R_1),$$

ولا أن

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{F_2 - R_2}{F_1 - R_1}.$$

ولكن برادواردين Bradwardine لم يكتف بتدمير شروحات سابقيه. بل اكد ، من جهته ، ان السرعة تتناسق مع قوة المقاومة. ولكنه رغم هذا لا ينضم الى رأي ارسطو. فقد كان حاضراً في ذهنه التعريف العاشر الوارد في الكتاب الخامس من اقليدس الذي بموجبه : اذا كان $\frac{a}{b} = \frac{b}{c} = \frac{c}{d}$, فيمكن ان نقول ان $\frac{a}{c} = \left(\frac{a}{b}\right)^2$ هو ضعفا $\frac{a}{b}$, ، لأنه مؤلف من نسبتين مساويتين ل . وكذلك $\frac{a}{d} = \left(\frac{a}{b}\right)^3$ فيقال انها تساوي ثلاثة أضعاف $\frac{a}{b}$. والعلاقة بين القوة والمقاومة يجب ان لا تضرب بالعدد ب n ، بل ترفع الى الاس n لكي تحدث السرعة n مرات عديدة اكبر ، او ، اذا لم نتراجع امام المفارقة التي تتكون من استعمال رموزنا الحديثة . $nV = \log\left(\frac{F}{R}\right)^n$

وذلك عندما تكون $\frac{F}{R} = 1, e, e^2, e^3$ الخ . .

و $V = 0, v, 2v, 3v$ الخ .

والتطابق الحاصل بين هاتين السلستين يوحي حتماً بالتوازي الذي وضعه الكندي بين السلم الحسابي للدرجات، والتصاعد الهندسي القائم بين المسيطر والمسيطر عليه مثلاً :

ثالث درجة	ثاني درجة	اول درجة	معتدل	درجة الحرارة
ثمان،	رباع	مزدوج	مساواة	حار، النسبة بارد،

هذه المقاربة ، عاد اليها ارنود دي فيلنوف Arnaud de Villeneuve ، واكثر مقدري الادوية في القرون الوسطى، فبدت مرضية للفكر حتى انها عادت الى الظهور في صميم القرن التاسع عشر ، مع قانون ويبر فكنر Weber — Fechner ، وبموجبه ينمو الاحساس وكأنه لوغاريثمة التحفيز .
وبحسب رأي م. مك فوغ M. McVaugh عرف برادواردين bradwardine تماماً ، عن طريق « تريفوليوم » سيمون بريدون Simon Bredon النظريات الرياضية عند اطباء مونبيليه ، وتطبقها بكل بساطة على تدرج هذه النوعية المتغيرة في الحركة والتي هي السرعة . ولم يندمج قانون برادواردين في الفيزياء الكلاسيكية ، من جراء ان اسلوبه في معالجة الديناميك يبقى اسلوب ارسطو . الا ان هذا الاسلوب يمتاز بانه يبرر عن طريق الصيغة الرياضية ، وانسجاماً مع ملاحظة الحس السليم ، غياب الحركة عندما تكون المقاومة مساوية او تزيد قليلاً عن القوة المحركة . وهذا الاسلوب يدخل ايضاً هذه الفكرة المفيدة والتي تقول بان مقاومة المكان تتزايد بسرعة مع تزايد السرعة . ولكن البحوث التي قام بها برادواردين Bradwardine ، وكذلك بحوث العيارين ، ساعدت على اكتشاف تقنية جديدة في الحساب .

ولا يكفي في هذا الشأن مراكمة تصاعديتين احداهما رياضية والثانية جيومترية . كما انه من الواجب معرفة ادخال القيم الموافقة للاعداد الكسرية الموجودة في التصاعدية الأولى ، في التصاعدية الهندسية .

كان الطبيب الكتلاني انطوان ريكار Le Catalan Antoine Ricart (1422) متمماً لارنود دي فيلنوف Arnaud De Villeneuve فوضع التناسقية التالية :

0	1/3	2/3	1	2	3
1	6/5	3/2	2	4	8

وبرر هذا الحساب الخاطىء زاعماً مثلاً أن 6/5 هي ثلثا الدرجة تحت $\frac{10}{5} = 2$ لأن $\frac{10-6}{6} = \frac{4}{6} = \frac{2}{3}$

والحل الصحيح هو بالمقابل حل نيكول اورسم Nicole Oresme الذي اخترع بين سنة 1348 و1362 ، واستعمل في كتابه الغوريسم بروبورسيون اسات حقيقية كسرية من النمط $\frac{1}{3} 9^p$ لتمثيل $9^{1/3}$ او ايضاً : $8 = 4^{1\frac{1}{2}}$ من اجل $4 \boxed{1\,p\,\frac{1}{2}}$ او ، $\dot{4} \boxed{\frac{P.1}{1.2}}$

وابتكر نقولا شوكت Nicolas Chuquet اخيراً ، في سنة 1484 الاسات السلبية من نمط $a^{-n} = 1/a^n$

تـزخيم أو وحـدّة الاشكـال وطـرحهـا : ان ادخـال الـريـاضيـات عـلى الفيـزيـاء هـو نتيجـة جهـد ممتاز لارجـاع زخـم الكميـات الى مستـوى مقـاديـر قـابلة للقيـاس . ان اهتـمامـات الاطبـاء وهـم يعـيرون الأدويـة تشبـه بشكـل غـريب حـول هـذه النـقـطة اهتـمامـات علماء اللاهوت . وتساءل القـديس تـومـاس Thomas مثـلاً اذا كـان يمكن القـول بـان صـدقـة مـا هي اكبر او اصغر من غيرها . وقد توصل بهذا الى تحديد الزخم بانه مساهمة الفرد الكبيرة او الصغيرة بشكل لا يتغير (البياض والسخونة ، والصدقة الخ) ، دون ان يكون هناك جمع بين حصـة وحصة (اي جمع صدقة جديدة الى صدقة قائمة) . وبالنسبة الى ولتربورلي Walter Burley ،بالعكس يفسر تغير الزخم عن طريق احلال شكل جديد تماماً محل شكل سابق . امـا هنري دي غـان Henry De Gand فيرى « ان التزايد منبث في الشكل » ويتحقق بالانتقال من حالة الكمون الى حالة الفعل .

وكانوا في القرون الوسطى يهتمون بالتجربة القائمة على مزج كميتين متساويتين من الماء المتساوي الحرارة . واستنتج المعلمون من ذلك التمييز الاساسي بين كمية السخونة ودرجة الحرارة . وقد تناقشوا طويلاً حول العلاقة القائمة بين كل نوعية والنوعية المضادة : هل هما من نفس الطبيعة ام لا ؟ وما هو بالنسبة الى كل من النوعيتين الحد الاقصى والحد الادنى ؟ وهل هما متكاملتـان او تخرج احـداهما من الاخرى وفقاً لصيغة من النمط : ساخن = بارد/1 ؛ بارد = حار/1 ؟

هذه الفرضية الاخيرة ثبـطت همة الـرياضيـين لان الافتراض ، المعقـول بذاتـه ، والقائم عـلى درجة صفر حملهم على النظر الى الزخوم اللامتناهية .

وربما بالاستناد الى فكرة مأخوذة عن جـيرار البروكسـلي Gérard De Bruxelles (الذي يشبـه حـركة الـدوران لخط ما بحـركة وسـطه) وضع وليم هيتسبـوري William Heytesbury ، وريشـار سـوينسهيـد Richard Swineshead ، وجـون دويلتـون John Dumbleton ، بـيـن 1330 و1350 قاعدة مفادها أن كل نوعية تتغير بشكل متغير باستمرار وباتساق تتطابق مع درجتهـا الوسطى . وإذا كانت هذه النوعية هي السرعة يتحصل لدينا قانون الديناميك القائل بأن المتحرك يجتاز في زمن معين ، وبحركة تصاعدية متسقة ، نفس المسافة التي يقطعها لو انه احتفظ بسرعـة ثابتـة تعادل متـوسط سرعته الاساسية وسرعته النهائية .

ويفترض كتاب بروباسيون كونكلوزيون Probationes Conclusionum . . . مثلاً ، اربعـة متحركات a,b,c,d تتحرك :

- a بسرعة ثابتة تعادل اربعة مثلاً بخلال ساعة .
- و b بسرعة متزايدة باتساق بين اربعة الى ثمانية بخلاف نصف ساعة .
- و c بسرعة متناقصة باتساق بين 4 وصفر بخلال نصف ساعة .
- و d بسرعة متزايدة باتساق من صفر الى 8 بخلال ساعة .

ان مجمـوع السرعات الآنيـة لـ b و c تساوي دائـماً 8 (اي ضعفي السرعة المـوحدة لـ a) . والمسـافة

المقطوعة بخلال ساعة من قبل a تساوي إذاً مجموع المسافات التي يقطعها b وc كل واحد منها بخلال نصف ساعة ولكن هذا المجموع للمسافات المقطوعة من قبل b وc بخلال نصف ساعة يساوي أيضاً المسافة المقطوعة من قبل d بخلال ساعة .

وربما كان نيكول اوريسم Nicole Oresme قد سُبقَ الى هذا منذ 1346 ، من قبل جيوفاني داكازال Giovanni da Casale ، الا انه امتاز باضفاء الجيومترية على تبيين سابقيه (بين 1348و 1362) .

لا شك ان روجر باكون Roger Bacon قد خطر له تصوير سلم الزخوم التي تصيب مطلق نوعية ، بخط عامودي . اما نيكول اوريسم Nicole Oresme فقد درس بآنٍ واحدٍ تغيراتٍ نوعيةً معينة ، بالنظر الى « اتساعها » (في الفضاء وفي الزمن) ، وزخمها او حدتها : ومثل هذه الاخيرة اي الزخم بخط عامودي ذي طول مناسب ، يرفع فوق النقطة المطابقة « للحدة » . وبالنسبة الى الحركة مثلاً ، دَوَّنَ الازمنة فوق خط الافقي A B والسرعات الآنيه ، على موازاة الخط العامودي AC ، فوق نقاط تتطابق مع AB . وحصل بالتالي على منحنى هو ، في حالة حركة متسارعة او متباطئة باتساق ، خطٌ مستقيمٌ BC . وعندها امكنه ان يبين جيومتريا ان مطلق متحرك ، يقطع في زمن معين ، وبحركة موحدة التصاعد او التباطؤ ، تماماً نفس المسافة التي يقطعها متحرك ثان ذو سرعة ثابتة تعادل متوسط السرعات القصوى والدنيا للأول .

وبهذا الشأن (الصورة 40) اذا كانت النقطة D هي نصف AB(او F هي نصف AC) ، فإن مساحة المستطيل AF GB تقيس المسافة المقطوعة من قبل المتحرك الثاني لأن DE × AB هو حاصل السرعة بالزمن . ولما كان المثلثان EFC وEGB متساويين فإن مساحة المستطيل AFGB تساوي مساحة المثلث الكبير BAC ، الذي يعطي بدوره المسافة المقطوعة من قبل المتحرك الأول ، او كما يقول اوريسم Oresme في مكان آخر يعطي (الكمية الكاملة للسرعة) .

صورة (40) ـ تمثيل حركة مستقة التصاعد او التباطؤ سنداً لاوريسم .

ولكي يكون البيان كاملاً ، كان على المؤلف ان يفكك المثلث CBA الى عدد من المستطيلات الصغيرة ما امكن يكون ضلعها الاصغر فوق خط الطول ، سلسلة من الازمنة المتناهية الصغر . وهذا الاعتبار اللاّمتناه هي الصغر ضمنيٌ في تبيين اوريسم Oresme ولكنه غير موضح . ومن جهة اخرى ان استعمال الاحداثيات المستطيلية كان معروفاً لدى راسمي خرائط الكون ولدى المساحين الزراعيين قبل القرن الرابع عشر بقليل .

ومتصرفةً ضد المبالغة التي تجعل من اوريسم Oresme المخترع الحقيقي للجيومتريا التحليلية اقامت آنيليز ماير Annilise Maier ضده دعوى شرفية خطيرة . كتبت تقول : « بنى اوريسم خطاً بيانياً ، وكان بامكانه ولا شك انطلاقاً من هذا ان يستمر في الاتجاه الذي ربما مكنه من اكتشاف الجيومتريا التحليلية . ولكنه لم يفعل ، إذ كان همه ، في البناء ، ليس المنحنى الناتج عنه ، وعلاقاته بنظام من

الاحداثيات ، بل كان همه هو الصورة الجيومترية المسطحة او المجسمة بمجملها » . وبحسب صورة الخط البياني الذي يترجم امكانيات التزخيم او التراجع ، تكون النوعية ، في هذه الحال محددة اي مسننة او لطيفة او غير مستقرة الخ . وتطبق نفس المفاهيم على تقبلية المواضيع بالنسبة الى هذه النوعيات . وبعد ذلك يمكن مقارنة حرارة الانسان بحرارة المرأة او مقارنة حرارة الاسد بحرارة الحمار .

والتذكير بهذا الاطار غير المتوقع يجب ان لا يغيب الجوهر عنا . صحيح ان نيكول اوريسم Nicole Oresme اهتم بالمساحة المكنوسة بالسهم الذي يمثل الزخم او الحدة ؛ ولكنه اهتمّ رغم كل شيء ، « بالخط الاعلى من الصورة او بالسمت اي بالخط المنحني » .

ومع ذلك ، ومهما كان اكتشاف اوريسم عبقرياً فإنه يبقى نظرياً : اذ لم يبحث في تطبيقه على حالة معينة تتعلق بسقوط الاجسام سقوطاً حراً كما فعل فيما بعد غاليلي وحتى دومينغو دي سوتو Domingo de Soto .

وعلماء القرن الرابع عشر درسوا ، وبصورة فضلى ، وبنفس العناية كل انواع الحركات الاخرى . وقد كرس ريشار سوينس هيد Richard Swineshead (او سويست Suisset)[1] لهذه المسائل ، وقبيل 1350 كتابه ليبر كالكولاسيونم Liber Calculationum . وتصوَّر مثلا ان يقسم الزمن الى « اقسام نسبية » . وافترض عفوياً ان السرعة تزداد بمقدار وحدة عند كل مسافة . من هنا الجدول التالي .

السرعات $1 \quad 2 \quad 3 \quad 4 \dots n$

الازمنة $\frac{1}{2}+\frac{1}{4}+\frac{1}{8}+\frac{1}{16}\dots+\frac{1}{2^n}+\dots=1$

المسافات المقطوعة (السرعات × الزمن) $\frac{1}{2}+\frac{2}{4}+\frac{3}{8}+\frac{4}{16}\dots+\frac{n}{2^n}+\dots=2$

وتبين بهذه الطريقة انه في الحالة المعتبرة تكون المسافة المقطوعة في زمن معين 4 اضعاف المسافة المقطوعة خلال النصف الاول من هذا الزمن . $4 \times \frac{1}{2} = 2$. وهكذا ينطبق على الحركة المحددة بصورة كيفية من قبل « الحاسب » ، قانون يتحكم ، بفعل المصادفة الخالصة ، ايضاً بالحركة الحقيقية المتسقة التصاعد انطلاقاً من حالة السكون .

وذهب نيكول اوريسم Nicole Oresme الى حد تصور حركة متصاعدة بخلال نصف مدتها وموحدة بخلال الربع التالي ثم متصاعدة من جديد بخلال الثمن ، وموحدة بخلال $\frac{1}{16}$ الخ . .

وقد يحدث على الاقل ان يضطر بحكم مثل هذه الحسابات الي تجميع سلاسل تكون احياناً بارعة جداً .

المدرسة الاسمية ونظرية الاندفاع : سنداً لاعمال برادواردين Bradwardine وسوينس هيد Swineshed. معلم نيكول أورسيم ، استطاع « جان بوريدان Jean Buridan أن يصرّح : «quod istae regula raro vel nunquam inventae sunt deduci ad effectum» « يجب ان لا نقول مع

(1) وسنداً لدراسة حديثة جداً قام بها ر . ب . ويشبي ان اسمه الصغير هو روجر .

ذلك ان مثل هذه الفرضيات هي غير مفيدة ومصطنعة لأنه اذا كانت الشروط التي تقتضيها لم تتحقق في الطبيعة ، فقد يحصل ان تتحقق بقدرة الله القوية » .

وبدا موقف الاسميين اكثر تجذراً ، الاسميين الملتزمين فعلاً . وقد انكر غاليوم اوكهالن Guil-laume d'Ockham على العقل الطبيعي قدرة التوصل الى الحقيقة الميتافيزية ، بل اعتبر انه في حال انعدام اليقين الاثباتي ، لا توجد الا احتمالات لصالح الايمان . يقول : « في الفيزياء كما في العلوم الاخرى قد توجد تبيينات الهامية Propter quid ، وعلى كل ان نظام العلم يقضي بالابتداء بالاشياء الاكثر معرفة والاكثر سهولة وبالتالي يجب الانطلاق من المسبب الى السبب : واننا نعرف المادة بشكل لاحق وكذلك الشكل وغالبية الاشياء لاننا نستطيع اثبات ذلك بصورة مسبقة .

ان التجريبية والايمان هما العلاجان الوحيدان ضد الشكوكية . « كتب نيكولا دوتركور Nicolas D'Autrecourt: يوجد درجة من اليقين يستطيع الرجال الوصول اليها ان طبقوا عقلهم على دراسة الاشياء لا على دراسة الفيلسوف والشارح » . وبالإختصار لا يوجد شيء ثابت في فيزياء ارسطو .

وقد عالج المعلمون الاوغسطينيون في اكسفورد الديناميك المشائي عن طريق الرياضيات ورغبة منهم في الشرح لا في المعارضة . اما الاسميون الباريسيون فقد انطلقوا من التجربة الحسية دون اي اهتمام بانقاذ هيبة الفيلسوف حتى في الشكل . وفحص جان بوريدان Jean Buridan بدوره (قبل 1352) قول ارسطو بان سرعة المتحرك تتناسب مع القوة المحركة وتتراجع بفعل تزايد المقاومة .

هذا القانون المزعوم يعتبر مدحوضاً شكلاً بتجربة النافورة لان القذيفة في هذه الحالة لا تتوقف حالاً عندما تتوقف القوة الخارجية عن الضغط عليها . ورفض جان بوريدان Jean Buridan نظرية «Antiperistasis» القائلة بأن الهواء عندما يندفع في الفراغ المتروك وراء القذيفة المتحركة يصدم هذه القذيفة ويدفعها الى الامام . ويقول العالم الباريسي انه وراء سفينة محملة بالقش يجر الهواء القش نحو الوراء وليس باتجاه خط السير .

ويبدو عقيماً ايضاً التفسير الارسطي القائل بان الاندفاع ينتقل الى القذيفة بواسطة الهواء الموضوع في حالة الحركة .

« يتوجب اذاً الافتراض بان المحرك حين يدفع المتحرك يعطيه نوعاً من الانسياق او نوعاً من القوة المحركة بالاتجاه الذي يدفع المحركُ المتحركَ فيه . وبفضل هذا الاندفاع يتحرك الحجر بعد ان يكون الذي قذفه قد توقف عن تحريكه ، ولكن بسبب مقاومة الهواء ووزن الحجر الذي يجذب هذا الحجر باتجاه معاكس للاتجاه الذي يسير فيه الدفع . هذا الدفع يتناقص باستمرار » .

والحجر يذهب ابعد من الريشة ، لان الاجسام تتلقى الدفعة متناسبة مع كمية المادة التي تحتويها ، وتكون المادة اكثر ، مع بقاء الاشياء الاخرى على حالها ، في الجسم الثقيل اكثر منها في الجسم الخفيف .

يوجد في هذه النظريات برأي دوهم Duhem استباق ظاهر لفكرة الجمود العصرية .

وبمنتهى الرهافة والدقة قاوم آ . ماير A. Maier و آ . كواري A.Koyréهذا التفسير . وذكرا انه ، بالنسبة الى ديكارت Descartes والى نيوتون Newtonتعتبر الحركة المتسقة بخط مستقيم حالة كحالة السكون . والحالة كحالة لا تحتاج الى اية قوة ولا الى اي سبب لكي تستمر ، فهي تبقى بذاتها كالسكون ، ولم يفكر احد في البحث عن ماهية السبب او عن ماهية القوة التي تجعل الجسم الساكن باقياً في حالة سكون .

وميزة العلم الكلاسيكي انه لم يلتزم بعناية اكبر بالحس السليم بل بأنه تجاوز ، بل اجبر ، هذا الحس من اجل الوصول الى الفكرة التجريدية الخالصة ؛ فكرة حركة دائمة مستمرة بدون قوة وبدون

اما بوريدان فبالعكس من ذلك ، بقي اميناً للتصور المشائي القائم على الحركة التفاعلية المثارة والمغذاة بفعل قوة تغلب المقاومة او حالة السكون : في حالة النافورة لم يخرج بوريدان عن انه احل محل القوة الخارجية قوة داخلية طبيعتها تقضي بتحريك الجسم الذي انطبعت فيه

وفيزياء الدافع ، حتى لو ردت الى ابعادها الصحيحة تبقى تشكل تقدماً ضخماً بالنسبة الى فيزياء ارسطو : وليس من غير المفيد ان نبحث عن سابقاتها .

فيزياء الدافع قبل بوريدان : من المعلوم ان جان فيليبون Jean Philopon ، منذ سنة 517 ادّعى «ان مطلق طاقة محركة وغير جسدية تنتقل الى القذيفة عن طريق آلة القذف» هذا التفسير المهم حول الفيزياء لم يكن له تفسير مباشر في الفكرة المدرسية . ولكن النظرية التي نادى بها عرفت لدى العرب وخاصة في بغداد قبولاً واسعاً . وقد اهتم ابن سينا بهذا الميل القسري « الذي به يدفع الجسم الشيء الذي يمنعه من التحرك باتجاه معين» ولكن ملاحظاته بهذا الشأن بقيت، في ترجمتها اللاتينية غير مفهومة تقريباً . وهكذا، نظراً لانعدام استمرارية التراث المقتصد والاكيد بين فيلوبون وبوريدان تلهى العلماء في البحث عن اثار « الدافع » في كتابات الفلاسفة وعلماء اللاهوت . وقد اشار الى ذلك ي. جيلسون E. Gilson منذ القرن الثاني عشر في مؤلف تيري دي شارتر Thierry De Chartres : « عندما يقذف بحجر ، فان اندفاع القذيفة يتأتى من ان الذي يقذفها يرتكز على شيء ثابت وكلما ازداد ثباته في ارتكازه كلما كان قذفه اقوى » : هكذا كتب العالم المدرسي الشهير » .

وفي مدرسية القرن الثالث عشر ؛ وخاصة عند القديس بونافنتور Bonaventure ، والقديس توما بشكل خاص) شبه انتقال الحياة والصفات الوراثية من الادب الى النطفة بانتقال القوة المحركة الموضوعة في القذائف . وتساءل بيير اوليفي Pierre Olivi (1249 — 1298) مثلاً كيف تستطيع « قوة تكوينية » بسيطة ان تولد فيما بعد كائناً حياً .

« Vis Formativa Non Agit Nisi Sicut Virtus Instrumentalis Alicujus Principalis »

Agentis ... Sicut , Suo Modo ,]Impulsus Seu Inclinationes Datae Projectis A Projectoribus Movent Ipsa Pro jecta Etiam In Absentia Pro jicientium » .

ولكن هذا الدفع يختلف عن دفع بوريدان : فبمفهوم الغائية الذي يغطيه هذا الدفع ، يبدو موجهاً بصورة اساسية نحو غاية ، وبحسب تعبير اوليفي بالذات ، يبدو الدفع « وكأنه ميل المتحرك نحو نهاية الحركة » . والمسألة قد تطرح حقيقة بشكلها الاكثر عمومية مثل مسألة العمل بواسطة آلة . من ذلك مثلاً ان فرنسوا دي لامارش François de La Marche تساءل سنة 1320 : « هل في تناول القربان المقدس قوة خارقة كامنة فيه » وهكذا ينجر الى دراسة « امكانية وجود قوة كامنة في آلة اصطناعية ، او متلقاة من عامل خارجي » . وهناك حالة خاصة عن هذه المسألة الثانية يقدمها مثل الحجر المقذوف بعنف في الهواء ، وهكذا بعد ان ينطلق من مسألة تيولوجية خالصة ، يضع ، لأول مرة في الغرب اسس فيزياء الذافع ، معارضاً بذلك فيزياء ارسطو عن عمد .

التطبيقات العملية حول الدافع : كان بوريدان قد سُبِقَ لبضع سنين . ولكن هذا لا يقلل فضله كعالم حين عرض النظرية الجديدة ، واستخلص منها ، فضلاً عن ذلك عدة نتائج مهمة . وطبق هذه النظرية في بادىء الامر على طجة طابة وعلى ارجحة جرس ، واستنتج ايضاً تفسير السقوط الحر للاجسام ، والجاذبية التي تحدث في كل لحظة التسارع ، عندما تنضاف باستمرار الى الدفع الحاصل سابقاً . وظن البيرديساكس Albert de Saxe بان السرعة يجب ان تكون متناسبة اما مع الزمن واما مع السرعة المقطوعة ولكنه لم يتوصل الى الحسم لصالح اولى هذه النظريات التي هي الصحيحة فقط . واستلهم بوريدان من اوكهان Ockham اخيراً لكي ينكر رأي ارسطو القائل بأن السموات وعالم تحت القمر هي في اساسها مختلفة ، ان من حيث مادتها او بالقوانين التي تحكمها ، فهو يعتبر بعد ذلك ان دوران الاكر السماوية هو كنتيجة دافع قذفه الله اصلاً : وبحال غياب كل مقاومة ، فإن دوران الاجرام يستمر بصورة دائمة ، دون ان تكون هناك حاجة لافتراض وجود ملائكة مكلفين بتحريكها ، بشكل خاص .

ولم يقف بوريدان عند هذا الحد ، وفي اسئلته حول De Caele et mundo (1328 أو 1340) ، تساءل « هل الارض هي ثابتة دائماً وسط العالم . . . » وقد ارتأى في بادىء الأمر ، احتمالية دوران الأرض على ذاتها ، انما ليرفضها . واعتبر فيما بعد ، كما هو الحال بالبير دي ساكس في نفس الحقبة ، انه على اثر التغييرات الحاصلة باستمرار فوق سطح الارض ، فإن مركز ثقلها النوعي يتغير باستمرار ، وبالتالي لا يمكن ان يحتل مركز الكون الا اذا كانت الأرض بذاتها قادرة على التحرك .

واحس نيكول اوريسم اكثر من بوريدان بكثير ، باغراء تقبل الدوران اليومي للأرض داخل سماء جامدة . وتفحص بحماس (حوالي 1377) ، وبقبول نظرية هيراقليد البونتي Héraclide du Pont في ضوء مبدأ ويتللو Witeloحول النسبية ، بالنسبة الى الراصدين ، نسبية المحركات الظاهرة ؛ ورفض الاعتراض القائل انه اذا كانت الأرض تدور فإن الاجرام وهي تسقط لا تتبع خطاً مستقيماً بل خطاً منحنياً ومع ذلك فقد استنتج بشكل غير متوقع : « اعتقد ان السماء تتحرك والأرض لا

تتحرك . . . . رغم الاسباب المعاكسة ، لأنها إقناعات لا تقنع بالتأكيد » .

* * *

ورغم المحاولات الجارية يومئذٍ من اجل تجديد فيزياء ارسطو ، لم تكن هناك « ثورة علمية » في القرن الرابع عشر . فالمفكرون في تلك الحقبة لم يحطموا هذه « الوحدة بين فيزياء غائية وبين تجربة يقضي بها الحس السليم » ، هذه الوحدة التي كان يعتبرها آ . كواري A. Koyré وكأنها ميزة القرون الوسطى . ولم تكن المسألة في نظرهم (اي مفكري تلك الحقبة) مسألة رفض التفسيرات الغائية والاساسية ، من اجل الاكتفاء بمجرد الفهم الوظيفي ، هذا الفهم الذي سوف يكون فهم العلم الكلاسيكي .

ان التخلص من ارسطو كان يعني في نظرهم التخلي عن فلسفة طبيعية . وحتى لو كان اساتذة كليات الفنون ، بتشجيع من بعض اللآهوتيين ، وبفضل تنظيم التعليم بالذات ، قد حطموا بضربات متتالية ، جدران الفيزياء المشائية ، الآ انهم ظلوا جميعهم تقريباً شبه محصورين ضمن القلعة التي اخذوا يهدمونها . ورغم بعض الاصابات الهامشية ظلت فلسفة ارسطو تفرض نفسها عليهم بتماسكها المدهش وبمتانة هيكليتها المنطقية .

ومن ميزات المدرسية الأولى والكبرى هي انها بحثت في امكانية تكميم الكيف ولكنها اعتمدت موقفاً يختلف تماماً عن موقف العلم الحديث لأنها من اجل ذلك اخذت في الاعتبار درجات الزخم بدلاً من الكميات الموسعة المردودة الى الزمن والى الفضاء .وبعد حساب الاعداد ، لا حساب القياسات ارتكزت المدرسية على رياضيات النسب . وقد شجعها عليه عدم يقينية علوم القياس ، وذلك لنقص في معدات القياس المناسبة ، وبشكل اعم بفضل انعدام التعاون بين العقل الاستقرائي المنطقي غير الحديث والمهارة اليدوية التي تكلم عنها في القرن الثالث عشر بطرس بيريغرينوس Petrus Peregrinus . وتدل النظرة السريعة الى تاريخ التقنيات ، بدون مشقة ، على ان انسان القرون الوسطى لم يكن ، بالضرورة محروماً من الحس العملي . فكيف يمكن بعد ذلك تجريم التقاطع المسرف فكرياً واجتماعياً ، بين ، من جهة ، « الكاتب » الذي يتعامل مع المخطوطات ، ومن جهة اخرى الحرفي والملاح والمهندس العسكري والعامل بيده ، وكلهم من الاميين تقريباً ؟ .

IV - العلم والاهتمامات العملية في اواخر القرون الوسطى

1 ـ نهضة التقنية الوسيطية

ان تطور التقنية الوسيطية لا يدخل في نطاق دراستنا . إلا انه من المهم الاشارة بالحاح خاص الى عكس الرأي الذي ما زال شائعاً : « ان الايمان القوي في القرون الوسطى لم يكن ابداً مقروناً باللامبالاة عكس تجاه الوقائع العملية » .

يقول البعض احياناً : ـ ج . و . نف J.U.Nef مثلاً ـ بتعارض الكاثوليكية المُحِبَّةِ للكمال النوعي مع البروتستانتينية الميّالة الى الانتاج والى العلم ، وكلاهما كميان . ولكن هذه الاطروحة تصطدم ، مع مصاعب اخرى ، بالحدث الرئيسي وهو ان الثورة التقنية ، الاكثر اهمية ربما ، قبل ثورة الآلة البخارية ، ان هذه الثورة التقنية قد حصلت في منتصف القرون الوسطى ، عند تزايد السكان الضخم بين القرن العاشر والثاني عشر : وقامت هذه الثورة على التحكم بالقوى المحركة (الحيوانية والمائية والهوائية) .

السيطرة على القوى المحركة : كانت العصور القديمة اليونانية ـ الرومانية قد بقيت غريبة عن مثل هذه الاهتمامات نتيجة اللامبالاة ونتيجة الاحتقار الذي كانت النخبة تكنه للعمل الوضيع . ولكن بعد القرن التاسع تحسنت عدة الخيالة باستعمال السرج ذي القربوس ، والإحذاء بالمسامير واستعمال الشكيمة في اللجام ذي الشعب والسلاسل . وفي القرن العاشر حتى القرن الثاني عشر تعمم في العالم الغربي كدن الحيوانات بواسطة طوق الكتف الصلب ، وكذلك السيور والمعدات المصفوفة والاحذاء بالمسامير : واصبحت الخيول تستطيع الجر بكل قوتها وبكل وزنها بدلاً من ان ترفع رأسها نصف مخنوقة تقريباً كما تفعل « الخيول الراكضة المتكبرة » في العصور القديمة .

وحل تبليط الطرقات التي اصبحت اكثر ليونة واكثر وفراً واقل تعرضاً لسوء الطقس محل التبليط الخشن الذي كان سائداً في الطرقات الرومانية . وقد يعود تاريخ سابقة القطار المتحرك الى القرن الرابع عشر . واتاح عندئذٍ جر قطع المدفعية التي اخترعت حديثاً . وانتشرت المطحنة المائية التي كانت معروفة في ايليريا منذ القرن الثاني قبل المسيح ، في العالم الغربي بشكل خاص في الحقبة الاقطاعية ، ولكن تطبيقاتها تعددت وتكاثرت (منها مطاحن القمح ومعاصر الزيت والبيرة والقنب والعظلم والدبغ والهرس ، وآلات الرفع والمناشر الميكانيكية والمطرقة الحدادية ومصانع الورق الخ) . ونرى كيف ان التفاهات السيادية يمكن ان تعتبر الى حد ما كشكل اولي للرأسمالية الصناعية ، مع ما يقترن بها من ميل الى الاحتكار .

والمطحنة الهوائية التي عرفت في فارس في القرن السابع ، وصلت الى اسبانيا في القرن العاشر وبعد ذلك الى بقية اوروبا ، ولكن عبر هذه الرحلة الطويلة اصبح المحور الذي كان عامودياً في الاساس (اصبح) افقياً .

والانسان الوسيطي المدفوع برغبته في استخدام الطاقة التي تقدمها مجاري المياه والهواء افضل استخدام ، اهتم بالتحولات المتبادلة بين الحركات المستمرة والمتقطعة ، واستعمل كثيراً اسنان الدواليب (الذي كان معروفاً من قبل هيرون Héron) بعد ان الحق به احياناً زمبركاً ذا قضيب . واستفادت الصناعة الخفيفة من هذه البحوث . ولكن التقدم الرئيسي في هذا المجال قام على ظهور نظام الساعد المحول (بيل مانيفيل Bielle — Manivelle) الذي ظهر في المانيا الجنوبية في بداية القرن الخامش عشر .

قيام تقنيات جديدة: واكثر من تحسين الكدن اقتضت الأراضي العميقة والرطبة والموحلة في فرنسا

الشمالية الغربية ، استعمال ، منذ القرن الثالث عشر المحراث الثقيل ذا الدواليب مع سكة تشق الأرض ، ومع قلاب يقبر الاعشاب المضرة .

وحفرت الآبار الارتوازية الأولى المعروفة في مزرعة ليلر Lillers سنة 1126 (وكانت هذه التقنية قديمة في الصين ، وقد استرعت منذ السنة 1010 انتباه البيروني) .

وكيف يمكن اغفال تربية دود القز، من بين تجديدات القرون الوسطى وكانت هذه التربية قد دخلت الى سقلية سنة 1130 ، وكذلك تربية الصقور والسمك المدخن وتعتيق الخمر الأبيض (كليرفو Clairvaux القرن الرابع عشر)؟. واخذ الدولاب يزاحم المغزلوالبلبل ابتداءً من سنة 1280 .

وظهرت البياضات او الثياب الداخلية للجسم في القرن الرابع عشر بدلاً من الحياكة او الاقماط فتحسنت الصحة واستبعد الجذام ؛ وقدمت صناعة الثياب الرخيصة المادة الاولية لصناعة الورق الآتية من الصين في القرن الثالث عشر بواسطة مساجين سمرقند وبواسطة العرب . وهكذا تحكم اختراع الزر والقميص ، بهذا الشكل باختراع المطبعة .

ولم تطبق الطاقة المائية فقط على كور الحداد ذي المطرقة بل اتاحت ايضاً بفضل تحسين المنفخ احداث حرارة عالية بما فيه الكفاية الامر الذي ادى الى ظهور الفونت : ولم تظهر الافران العالية قبل مطلع القرن الخامس عشر (رغم ان بعض المؤلفين يزعم انه وجد ذكراً لها حوالي سنة 1340 في مناطق الياج ونامور Liège et de Namur) .

وتحسنت تقنية التقطير : وتم التخلي عن المكثف الاسكندري بشكل قلب ، والموضوع مباشرة فوق الغلاية بحيث يصعب تبريده بواسطة الخرق الرطبة ، وحل محله الانبيق الكلاسيكي الذي زود بمصب انبوبي بشكل « بريمة » او بشكل « حية » او بشكل « زنبرك » ، مغطس في وعاء يدور فيه الماء .

وظهر الكحول في سالرم Salerme سنة 1100 وتحسنت صناعته بسرعة بفضل ماصّات الرطوبة مثل كربونات البوتاس . وانتشر يومئذٍ بشكلين : السائل القوي بدرجة 60 ، والسائل الحيوي بدرجة 90 .

اما الاسيدات المعدنية فلم تكن معروفة في العصور القديمة الا بشكل ابخرة لم يكن بالامكان تكثيفها يومئذٍ . ولكن الامر اختلف تماماً في القرون الوسطى ، فمنذ 1160 اصبح بالامكان عن طريق تقطير مزيج من السالبيتر والآلون والفتريول ، الحصول على آسيد نيتريك الذي كان يستخدم يومئذٍ لفصل الفضة عن الذهب ، في حالة مزجهما . وفي ما بعد ذلك بقليل تم الحصول على آسيد سولفيريك اما بتقطير الآلون ، اوبحرق الكبريت تحت جرس زجاجي مقلوب فوق وعاء مملوء بالماء
ولكن الشيء الغريب انهم لم يروا يومئذٍ تشابه المواد المولدة بهذين الاسلوبين . اما آسيد مورياتيك فلم يعرف الا في القرن الخامس عشر . ولكن هذه الاجسام الجديدة لم تجد مكانها في المختبر الا بفضل استبدال الأوعية المعدنية باوعية زجاجية . ونذكر فقط تاريخ مصانع الزجاج في مورانو ، وتاريخ الزجاج الملون الذي عملت الهندسة الغوطية على ازدهار صناعته .

وكان مبدا العدسة المكبرة معروفاً عند ابن الهيثم وعند غروستيست Grosseteste . وظهرت

النظارات حوالي سنة 1285 ، الا انها لم توصف الا لقصيري النظر وطوال البصر . اما الزجاجات المفرقة بالنسبة الى الاحصر فلم تظهر قبل القرن السادس عشر . واستفاد البحث الفكري من انتشار الشمعدان الزيتي او الشمعي النظيف من الدخان بفضل استعمال الذبالة .

وتحول الفن العسكري هو ايضاً بعمق ، بخلال القرون الوسطى : واتاح السرج الجديد للحصان للسيد الاقطاعي ان يثقل درعه وان يهجم ورمحه منخفض . اما المدفعية فتألفت من المنجنيق والقاذفات التي دوزنت طلقاتها بفضل التجريب ، ومنع استعمال المقلاع لأنه اعتبر مميتاً جداً وذلك في مجمع لاتران سنة 1139 .

وكان الصينيون قد عرفوا منذ مطلع العصر المسيحي مزيجاً متفجراً من الكبريت والملح ثم عرفوا البارود (بين القرن السابع والقرن العاشر) وعرفوا الرمانة سنة 1231 والمدفع سنة 1259 — 1272 . وبعد النار اليونانية وصل البارود الى الغرب في القرن الثالث عشر (ويعزى شرف اختراعه الى روجر باكون Roger Bacon احياناً) . ويبدو ان تاريخ المدافع الأولى يعود الى سنة 1319 ، والصاروخ الى سنة 1378 والقنبلة الرمانة اليدوية الى سنة 1435 . وسهلت تقنية الوسائل النارية استثمار المناجم .

وانتشرت الساعات الميكانيكية ذات الوزن ، وذات المصرف انما بدون رقاص في القرن الرابع عشر ، ولكنها احتفظت لمدة طويلة بحجمها الضخم .

وبدا الانتقال من النمط الروماني الى النمط الغوطي ، في مجال الهندسة المعمارية كتقدم اساسي تقني يقوم على معارضة الارتفاع الذي كانت توجبه القناطر (وبالتالي تخفيض الاكلاف نسبياً) . وكانت المواد تحمل حتى ذلك الحين من قبل رجلين بنوع من الحمالة ، فأصبحت هذه المعدات تنقل بواسطة العربة الساعدية (ونجد سابقة صينية لها منذ سنة 232) . وفي مجال الاشغال العامة ، يجب الاشارة ايضاً الى الجسور ذات القناطر ذات السوار او القاعدة (الصين سنة 600 ، ايطاليا في القرن 13) والسدود ذات الابواب (بروج سنة 1180) ، والجرافات او الكاسحات (ميدل بورغ سنة 1435) والمطاحن ذات الزنبرك الارخميدي لتنشيف الأراضي المستصلحة من البحار (1408) الخ .

المسألة الصينية : هذه المعطيات غير الكاملة تدل على الأقل لدى الانسان الوسيطي على حس قوي بالحقائق العملية ، وعلى نوع من الانفتاح على التقدم التقني . ولكن المؤرخ يصطدم دائماً بمسألة الاسبقيات التي كانت معروفة في الشرق الأقصى ، أي بمسألة معرفة هل هو أمام تطورات مستقلة واحياناً متزامنة ، ام هناك نقل اما مباشر واما غير مباشر بواسطة العرب .

نحن نعرف عن وجود اتصالات مباشرة بين اوروبا والصين في القرنين 13و 14 . ومنذ 1235 ـ و1237 ذهب الدومينيكي الهنغاري جوليان Julien ليبحث عن مواطنيه الوثنيين يومئذٍ المقيمين كما قيل له بين الفولغا والاورال ، ولكنه خاف من التهديد الذي كان يشكله التتار بالنسبة الى بلاده فعاد وانذر الكرسي الرسولي . وبالفعل نهب المغول كراكوفيا واحتلوا هنغاريا وتقدموا نحو شاطىء دلماسيا سنة 1241 . في هذه الاثناء فكرت البابوية في استخدامهم ضد الاسلام . ونقل جان دي بلان كاربان Jean de Plan Carpin الى الخان الكبير رسالة من البابا اينوسان Innocent الرابع

(1245 — 1247) ، وكتب بعد رجوعه تاريخاً عن المغول « هيستوريا مونغولا Historia Mangolorum . . . » . ونشر فانسان دي بوفيه Vincent de Beauvais خلاصة موجزة عنه . وارسل ملك فرنسا سان لويس Saint Louis كذلك الى المغول الدومينيكي اندري دي لونغ جومو André de Longjumeau (1248 - 1251) ، وبعد ذلك بقليل ارسل الفرنسيسكاني غليوم روبروك Guillaume de Rubrouck (1253 - 1254) وقد مدحه روجر باكون Roger Bacon .

ولكن ذرية جنكيز خان Gengis Khan استولت على الصين وتأثرت بحضارتها : والسلالة التي اقاموها في الصين وهي سلالة يوان Yuan (1280 — 1368) اتاحت بفضل تسامحها الديني قيام علاقات دائمة مع العالم اللاتيني . وفي سنة (1287 — 1288) قام النسطوري البكيني ، الرباني شوما Rabban cauma . بزيارة الى فيليب ليبل Philippe Le Bel ملك فرنسا والى البابا نقولا Nicolas الرابع . وفي سنة 1292 استقر جان دي مونتي كورفينو Jean de Montecorvino في عاصمة امبراطورية السماء ، وفي سنة 1307 اسس فيها اسقفية كامبالوك القصيرة العمر . ثم سافر ماركو بولو Marco Polo ، عبر آسيا ثم على طول شواطئها الغربية بين سنة 1271 و1295 ، ولما عاد الى بلده سجنه ملك جنوا ، فاملى ذكرياته على روستيسيان البيزي Rusticien de Pise الذي كتبها بالفرنسية . ويمكن ايضاً ذكر المبشرين بيريغرينو دي كاستلو Peregrino de Castello ، واندري دي بيروز André De Pérouse ، واودريك دي بوردينون Oderic di (1318 — 1328) Pordenone (1318 - 1328) وجان دي ماريغنولي Jean de Marignolli (1339 - 1353) الخ .

ولكن الى جانب هذه الشخصيات يجب ايضاً التفكير باسرى الحرب وبالتجار وبالحرفيين الذين لا يعثر على اثارهم الا بصورة استثنائية . نذكر فقط الصايغ الباريسي غليوم بوشي Guillaume Boucher، وامرأة من مدينة متز ، وقد التقيا في بلاط الخان الاكبر بغليوم دي روبروك Guillaume de Rubrouck . والتاجر بييردي لوكا لونغو Pierre de Lucalongo والجراح اللونباردي الذين التقوا في بكين مع جان مونتكورفينو Jean de Montecorvino .

ولا يمكن ان نستخرج اي استنتاج من الواقعة التي مؤداها انهم لم يذكروا اية تقنية صينية في النصوص القليلة التي وصلت الينا . المهم على ما يبدو اعطاء مكانة واسعة الى ما يسميه الانكلوساكسون الحافز الانتشاري . فقد شاهد احد المبشرين عربات يدوية في الصين ، فلم يذكرها في قصة رحلته ، ولكنه نصح بصنعها واستعمالها من قبل العمال .
واستعمالها من قبل العمال .

ولكن ظهور تيمور لنك Tamerlan الرهيب في تركستان ، ثم طرد المغول من الصين ، واستيلاء اسرة آل منغ Ming التقليدية على العرش سنة 1368 هي مؤشر على رجيعة قومية عنيفة . والباب بعد ان فتح امام الغرب سوف يغلق لعدة قرون .

2 ـ التقنية والعلم

مع الاعتراف بالاهمية القصوى لمسائل التأثير والانتقال ، الا انه يجب عدم اعطائها مكانة واسعة

جداً . فالقرون الوسطى يمكن ان تُعرَّف بانتقال مركز ثقل الحضارة الاوروبية نحو الشمال : والعديد من المكتسبات الوسيطية بدت من قبل بدون غاية على شواطىء البحر المتوسط (استخدام الانهار ، واجناس الخيول التي تتطلب مرعى دسماً او اخشاب البناء مثل السنديان ، واستكمال التدفئة المنزلية والاحتياط ضد الجليد ، الخ) .

والواقع ان تطور التقنيات لم ينجح في الولوج داخل تطور العلم الوسيطي . ولكن بدلاً من تجريم وجود حاجز عازل بين الفكر المدرسي وعالم العمل ، الا يتوجب مؤاخذة العلماء المعاصرين بانهم اعتمدوا في اغلب الاحيان ، وجهات محدودة نوعاً ما ؟ فالمتخصص في العلم الوسيطي شاء ام ابى ، يستعمل وسائل التاريخ الادبي ، اما المتخصص في التقنيات فهو اميل الى عالم الاثار : وبعد هذا الا يقعان في خطر عدم الاهتمام احدهما بالآخر ؟

منذ ايام هوغ دي سان فيكتور Hugues de Saint-Victor ، اي منذ القرن الثاني عشر ، اصبحت فائدة علوم « الرباعية » معروفة وشائعة . فاللوغاريتم مثلاً تخدم المحاسبين وعلماء الفلك ، ومنذ سنة 1202 اقترح « ليبر آباسي Liber Abaci » الذي وضعه فيبوناسي Fibonacci على التجار تعلم الرياضيات العالية جداً . من الناحية العلمية الخالصة ، لم يمكن تجاوز كتاب بيزان Pisan الا سنة (1556—1560) بنشر كتاب نيكولو تارتاغليا Nicolo Tartaglia : وقد كان هذا المؤلف طيلة القرن الرابع عشر والخامس عشر موضوع خلاصات اخذت باللغة العامية ، واشهرها ، ربما كانت خلاصة بالوداغوماري Paolo Dagomari (باولو دل آباكو Paolo dell'Abaco) . ولكن في نفس الحقبة ، وفي ايطاليا خاصة عدل نشاط التجارة الدولية الكبرى تقنية الاعمال : كتاب السحب ، وكان في بداية الامر مجرد وكالة الغرض منها تفادي نقل العملات واصبح بصورة تدريجية وسيلة تسليف حقة ، وتأسست شركات رأسمالية اكثر فاكثر اهمية وانحلت . وكانت تطلب عملاء تفوض اليهم التصرف عنها في الاسواق والمعارض الكبرى ، كما احتاجت الى حسابات اكثر فاكثر سهولة على التدقيق . وتوضحت المحاسبة بفضل اعتماد طريقة البندقية ذات العامودين المتقابلين (دائن ومدين) . ولكن تحولها الرئيسي يقوم على ظهور المحاسبة ذات القيد المزدوج (جنوى ، 1340) . وبحسب هذا النظام يقتضي كل بند من دفتر اليومية تسجيلاً في دفتر الاستاذ لنفس المبلغ ، ولمركزين او فريقين ، احدهما في عامود الدائن ، والآخر في عامود المدين بحيث أنه في اية لحظة يكون المطلوب والموجود متوازنين بدقة ، وهذا يفترض بالطبع فتح حسابات غير شخصية (رأسمال ، ارباح وخسائر ، صندوق ، بضائع في المستودع ، الخ) .

في سنة 1338 كانت فلورنسا تمتلك بحسب قول جيوفاني فيلاني Giovanni Villani ست مدارس محاسبة يزورها الف او 1200 تلميذ يتخصصون بالتجارة . وهؤلاء بعد انهاء دراساتهم ، كانوا يقضون وقت تمرين لدى التجار . وليست اصالة لوكا باسيولي Luca Pacioli (1494) تقوم على معرفة المحاسبة ذات القيد المزدوج ، بل في ادخال هذه الطريقة ، القديمة جداً ، في كتاب تعليم .

وفي فرنسا ايضاً ، انتشرت الحسابات التجارية باللغة العامية في القرن 14و15 ، في بلدان

المتوسط وفي الفلاندر اولاً ، ثم في بقية البلد ؛ ووجدت شكلها الاكمل في كتاب (تريبارتي) لنيكولا شوكت Nicolas Chuquet . ولكن في الحقبة بالذات حين انتشر الحساب المكتوب على الطريقة الايطالية مع النظام الحديث للبواقي (صورة 42 ص 630) كان الكتاب يزورون الجامعات وهم امناء للالغوريسم التي علمها ساكروبوسكو Sacrobosco اي الاسلوب العربي في التصحيحات المتتالية فوق لوح مغطى بالغبار (صورة 41 ص 631) .

وطيلة القرون الوسطى، ومنذ بويس Boèce حتى جان مور Jean de Murs وفيليب فيتري Philippe de Vitry، مروراً بهوك بالد دي سان آمان Hucbaled de Saint-Amand وغي داريزو Guy D'Arezzo ، كانت دراسة الانسجام تعتبر كجزء متمم للرياضيات . ولكن في فن الغناء الذي كان يهم بشكل خاص الطقوس الدينية ، كان الانسجام بين النظرية والتطبيق محققاً بشكل جيد ، داخل الكنيسة بالذات (تدوين النوطات اوت : Ut ، ري Ré ، مي Mi الخ من قبل غي داريزو Guyd Arezzo ، وادخال القياس في القرن الثاني عشر) . وتم التخلي عن الترتيل الكنسي لصالح الأورغانوم Organum الذي يقوم على تنفيذ ذات اللحن بصوتين متباعدين بربع او بخمس (القرن العاشر) ، وبعدها تمت العودة الى الغنوة وهي طباق او مصاحبة غنائية نوتة مقابل نوتة ، الى ان تم اخيراً اكتشاف تفريع النغمات الحديث مع غليوم دي ماشو Guillaume de Machaut (القرن الرابع عشر) وذكر آ ش. كرومبي A.C. Crombie ، انه منذ نهاية القرن الحادي عشر ذكر رجل الدين المسمى تيوفيل Théophile قاعدة تجريبية خالصة من اجل صنع اجراس تدق التونيك والتيرس والكنت والأوكتاف . وهذه الاجراس بحسب رأيه يجب ان يكون قطرها متناسباً مع 30 و24 و20 و15 وان تكون اوزانها متنازلة مثل 80 و41 و24 و10 بحسب رأيه .

وفي بداية القرن الرابع عشر اراد ولتر اودنكتون Walter D'odington ، وهو راهب بندكتيني من ايغشام ان يحل محل هذه « الوصفة » العارية من كل اساس عقلاني ، قانوناً مزعوماً بموجبه يجب ان يكون الجرسان البعيدان بمقدار « مقام » ، بوزن نسبته $\frac{8}{9}$ بين كل منهما . والواقع ان هذه المحاولة قد فشلت ولكنها دلت على رغبة خاصة وملحوظة تهدف الى دمج التقنية بالعلم .

	A	B	C	D
جواب القسمة		[4]	4	4
المقسوم	4 0 1 9	4 0 1 9	[8] 1 9	[5 3] 9
المقسوم عليه	8 7	8 7	8 7	8 7

	E	F	G	H
جواب القسمة	4	4 [6]	4 6	4 6
الباقي	5 3 9	5 3 9	[5] 9	[1 7]
المقسوم عليه	[8 7]	8 7	8 7	8 7

صورة رقم 41 : مثل على القسمة بناءً على الجدول المعطى بالغبار لـ لوغاريثم القرن الثالث عشر .

```
   1
  8 5 RESTE
  8 2 7
  4 0 1 9      المقسوم          4019 | 87
  -------                        539 |----
     4 6       جواب القسمة        17 | 46
  -------
  8 7 7        المقسوم عليه
    8
```

صورة رقم 42 : قسمة مكتوبة على ورق كما عثر عليها في كتب الحساب من القرن الخامس عشر والسادس عشر (الى اليمين نفس العلمية وفقاً للطريقة العصرية)

وكما في فروع الرباعية الاخرى بدا علم الفلك قابلاً لتطبيقات عملية مهمة ، شرط قبول المبدأ الميتافيزيكي ، والشرعية الاخلاقية لعلم التنجيم . وكان هذان المطلبان موضوع نقاش حاد خاصة في القرن الرابع عشر . ولكن النظريات الخارجة ، ومعنى الوقائع الثابتة توافقت هنا أكثر مما هو مظنون : وبدت نموذجية بهذا الشأن الرسالة التي وضعها كاهن نوتردام دي باري واسمه جان فوزوري Jean Fusoris .

وحصل على القاب مجاز في الفنون وفي الطب ثم مجاز في اللاهوت ، ولكنه تعلم من ابيه صنعة صنع قساطل التنك : واستقوى بهذا الاعداد العملي والعلمي ، وقام بآن معاً بصنع آلات فلكية ، وتحرير بحوث تشرح كيفية استعمالها . ولم يكتف بصنع الاسطرلاب (وخاصة لملك آراغون Aragon وللبابا) ، بل حسن في ميزان الاستوائي ، كما نظم ، كما رأينا اعلاه جداول تريوغومترية مهمة . ولأنه قدم مشورة تنجيمية لملك انكلترا ، ساعة ابحار هذا الاخير نحو فرنسا في سنة 1415 ، اقيمت عليه دعوى تعاون مع العدو ، ولكنه في سنة 1423 بنى الساعة الفلكية في كاتدرائية بورج . ويمكن اعتباره اذاً كتقني حقيقي يطبق معلومات نظرية تعلمها في الجامعة .

وكانت الجيومترية الوسيطية ما تزال قريبة من المسح في ذلك الحين . وتقدم الدليل على ذلك بشكل كافٍ الكتب ، بما فيها افضلها ، مثل كتب سافا سوردا وفيبوناسي Savasorda et de Fibonacci وكان الرقم الذهبي معروفاً تماماً بفضل الشروحات على عناصر اقليدس (وبخاصة شروحات كامبانوس Campanus) ، ولكن استخدامه من قبل فناني القرون الوسطى لم يكن في ذلك الحين موضوع دراسات اميناً بشكل كافٍ بحيث يعطى نتائج نهائية .

ونشأ المنظور الحديث في فلورنسا في اقصى نهاية القرن الرابع عشر : وظهر هذا المنظور مختلفاً تماماً عن المنظور الذي كان علماء اكسفورد وتابعوهم يقصدونه بهذه الكلمة وهو مرادف تقريباً لكلمة بصريات . ان لورنزو جيبرتي Lorenzo Ghibertis باعث هذا العلم ينتمي تماماً الى عصر النهضة ، ولكن اذا كانت بحوثه تنبىء عن بحوث ليوباتستا البرتي Leo Battista Alberti ، وبيرو دلاّ فرنسيسكا Piero Della Francesca ، وليونار دي فنسي Léonard de Vinci ، فانها تكمل ايضاً

تراث ابن الهيثم كما اشاعه في الغرب جون بيكهام John Peckham وويتلو Witelo . وربما تكون الدراسة المنهجية للابنية الغوطية ذات « الرسم الخداع » ، اكثر توضيحاً من توضيح دراسة الصباغة أو التلوين .

الوصفات والخيمياء : الى جانب هذه الحالات التي بدا فيها تأثير العلم النظري ، بارزاً بوعي في التقنية وفي الفن ، هناك مجالات اخرى يظن فيها العكس ؛ اي ان المكتسبات العملية في القرون الوسطى هي التي طرحت مسائل جديدة على المؤلفين المدرسيين ، او انها على الاقل احيت مسائل قديمة ، من جديد . وهنا تطرح مادة واسعة امام استقصاءات العلماء : انها ادب الوصفات . ولكنه ، اي هذا المجال يقدم للباحث المعزول مصاعب لا يمكن التغلب عليها تقريباً .

ولا تقل اهمية ، بهذا الشأن ، الريازات المشابهة للريازة التي قام بها في الماضي ب. سيزار P. Cézard في مخطوطات المكتبة الوطنية .

وفي اللحظة التي تهاوى فيها البناء العقائدي للعلم القديم ، اجبرت استمرارية الحياة اليومية على الحفاظ على مجموع كامل من الوصفات العملية ، التي اختلطت بها حتماً عناصر خرافية او فولكلورية . وقد سبق واشرنا ، في القرون الوسطى العليا الى استمرارية طب تجريبي يمارسه اطباء عمليون علمانيون ، ودلت اعمال ي . سالين E.Salin كذلك على وجود تقنية ميروفنجية ، ليست بدائية كما هو معروف وشائع .

وقد بين مارسيلين برتيلو Marcelin Berthelot بكفاءة ان بعض الوصفات في البابيروس اليوناني المصري في ليد ، كانت موجودة ، في ايام شارلمان في Compositiones Ad » Tingenda ... « ، وفي القرن العاشر في مابا كلا فيكولا Mappae Clavicula .وان الكتاب الأول قريب من كتاب ليبر ايغنيوم Liber Ignium لماركوس غراكوس de Marcus Graecus وان الصيغ الاحدى عشرة الواردة في كلافيكولا Clavicula موجودة في سكديولا دي فارسارم ارسيوم Schedula Diversarum Artium التي وضعها الكاهن تيوفيل Théophile .

واذاً هناك من جهة صناع يتبعون بامانة تراثاً طويلاً عائلياً ، ومن جهة اخرى هناك رهبان ينسخون ، كما هي ، الوصفات التي تهمهم . وبالطبع ان هذين التيارين قريبان جداً من بعضهما البعض ، خاصة فيما يتعلق بمعالجة الامراض ومختلف اشكال الفن المقدس . وابتداءً من القرن الثاني عشر اصبح الطب موضوع تعليم منتظم ، في سالرن اولاً ثم في الجامعات . واذاً من السهل نسبياً تقدير ثم تعيين تاريخ التقديمات العملية او الكتبية التي اغنته . ويختلف الامر تماماً فيما خص الكيمياء التي لا شيء يثبت انها دخلت في البرامج المدرسية في القرون الوسطى . الا ان التأثير العربي ، بقي ضاغطاً عليها بشكل مضاعف : فهناك مؤلفات ايجابية مثل سكريتوم سكريتورم Secretum Secretorum او كتاب آلو مينيباس Aluminibus (الحاوي) للرازي ، جاءت تضاعف كمية المعارف العملية المنتشرة في الغرب . ولكن بالمقابل كان العالم اللاتيني ملوثاً بالتراث الصوفي الرمزي ،

المرتبط الى حد ما بجيبر المزعوم . وبموجب هذا التراث كان يمكن الحصول على الذهب ، وذلك بدمج الكبريت والفضة الحية اي الزئبق ضمن شروط معينة . وتشمل هذه النظرية فضلاً عن ذلك الى جانب التضليلات المذهلة عدداً من المعلومات الفلسفة المنبثقة عن ارسطو وعن الافلاطونية الحديثة الاسكندرية ، وقد تمثل هذا التراث بشكل خاص في تابولة سماراغدينا Tabula Smaragdina ، وتوربا فيلوزوفورم Turba Philosophorum .

وفي القرن الثالث عشر غمضت الاشياء اكثر ايضاً عندما شاعت ، تحت اسم جيبير Geber ، ليس فقط كتب للرازي (مثل ليبركلاري تاتيس Liber Claritatis) ، بل ايضاً كتب عملية ، عرفت لها اليوم اصول لاتينية . وبدا مشبوهاً ايضاً رد العديد من الكتب الضخمة الخيميائية الى اهم علماء المدرسية (امثال البير الكبير Albert ، والقديس توما Thomas ، وروجر باكون Roger Bacon ، وارنود دي فيلنوف Arnaud de Villeneuve ، وريمون لول Raymond Lulle ، الخ) .

ويجب ان نضيف الى هذا بان الوصفات الموجودة في هذا الكتب، والوصفات المنقولة على حدة في المخطوطات ، لم تزل حتى الآن غير مجموعة وغير مصنفة بشكل منهجي كافٍ حتى يمكن التعرف على التجديدات وتحديد تواريخها .

واخطر من ذلك لا تخضع الوصفات الوسيطية الا بصعوبة للتحقيق التجريبي في مختبر عصري . وهذا يعود بالدرجة الاولى الى غموضها حول درجات الحرارة ، ومدة العمليات ، وطبيعة ، ونسب المواد المستعملة بدقة . وبعض الاجسام لم تكن تستعمل الا بسبب عدم نقاوتها (مثل كبريت الرصاص او الغالينا ، لما يحويه من اثار الفضة احياناً) ، ومن جهة اخرى لم تذكر بعض الاجسام الا للخرافة او الدجل او من اجل تضليل الجاهل . وإذاً يكون من المخاطرة الحكم العام على هذا الأدب .

وعلى كلٍ اثبتت بعض الاساليب جدواها وخاصة الاساليب المتعلقة بالزخرفة وبالزجاج الملون وبتلوين الاقمشة او سقاية الفولاذ . اما محاولات تحويل المعادن الوضيعة الى ذهب او فضة فقد بدت تحت مظهر مزدوج نظري وعملي . وبدت عقيمة في نظرنا البحوث عن الاكسير الذي اذا جُمِّدَ اعطى « حجر الفلاسفة » (وهو نوع من الجسم المساعد الضروري لدمج الكبريت بالزئبق كعنصر) . ولا نجد ايضاً معلومات مفيدة حقاً في التميزات اللطيفة التي يقصد بها حجب او تغطية فشل مثل هذه المحاولات ، ولا الالاعيب الصوفية التي تمزج بصناعة المعادن الثمينة البحث عن الصحة وعن الشباب والقوة والكمال . ولا يمكن بالتالي لوم البابا جان(Jean) 22 لأنه اصدر حكماً سنة 1317 ضد هذا الشكل من الخيمياء ، وضد النصب الذي كان يتم بسببه . وبدت اكثر افادة الوصفات التجريبية الخالصة التي تعطي مزائج وصبغات تقلد الذهب والفضة ـ وهي الوصفات التي تسميها المخطوطات الدروبم والدالبم Ab Ad-rubeum Et Adalbum ـ ؛ والكثير من الوصفات يرد الى تركيبات من القصدير او من البرونز المذهب . وهي توجب على الصرافين والصياغين التزام المزيد من الحذر . وهي تعودهم ان لا ينظروا فقط ، حتى مع حجر المحك الى لون المعادن ، بل ايضاً ان يعتبروا خصائصها الفيزيائية والكيميائية (مثل الثقل النوعي والليونة والصوت والحساسية تجاه مفعول بعض الحوامض ، الخ) .

الا ان القرون الوسطى لم تنجح في جعل الكيمياء علماً حقاً : ورمزيتها قلما كانت ذات فائدة . وتصنيف مختلف المواد الى دخان وارواح وماء وزيت وحجر الخ ، اقرب الى الحس العام السليم . وبدا التعريف الواضح نسبياً لمختلف الاجراءات الحاصلة في المختبر اكثر جدوى . هذه الاجراءات هي : التقطير ، التسامي ، التكليس ، التثبيت ، التجميد (او التخثير) وسقاية المعادن ، والسكب والتضعيف (او التزييد) ، الخ ، وقد سبق ان اشرنا الى ذلك عند الكلام عن كتاب براكتيكا Practica المنسوب ـ بحق ، برأي ، ب كيبر P. Cibre ـ الى البير الكبير Albert .

والفضل الاكبر للقرون الوسطى اللاتينية ، يبدو لنا ، في التحليل الاخير ، في انها عنيت بتقديم اجهزة تجريب ، سواء الافران ، او الانبيقات او اجهزة الزجاج : والى هذا يعود الفضل في الاختراعين الكبيرين في القرون الوسطى : اختراع الكحول ، وآسيدات المعادن .

المهندس المعماري والمهندس : اثبت مؤرخو ليونار دي فنسي Léonard de Vinci ، وهو شخصية نموذجية في « عصر النهضة » بان الفنان الكبير كان رجلاً غير مثقف يجهل اللاتينية ، وبصورة اولى اليونانية . الا انهم يعترفون بتأثير التراث العلمي الوسيطي عليه (وخاصة ستاتيك جوردانوس ومدرسته) . ويشيرون ايضاً الى اعجاب ليونار الدائم بمؤلفات ارخميدس Archimède . لشرح هذه المغالطة ، ذكر لوسيان فيفر Lucien Febvre ، وبحق ان رجال عصر النهضة كانوا جماعة سمع ، وانهم كانوا يتعلمون في معظمهم عن طريق ما يقال اكثر من تعلمهم عن طريق الكتب ودراستها . ولكن هذه الملاحظة تطبق بصورة اولى على القرون الوسطى . ولهذا لا يمكن تفادي صياغة السؤال التالي : إذا لم يَرْتَدْ امثال ليونار Leonard ، الجامعات ، ولا الفوا الكتب النظرية الحقيقية ، فان بناة الكاتدرائيات ، لم يسمعوا هم ايضاً ، ومنذ منتصف القرن الثالث عشر شيئاً عن اقليدس Euclide وارخميدس Archimédeاو جوردانوس Jordanus ؟ وبقول آخر ما هي المعارف العلمية عند المهندس المعماري او المهندس الوسيطي ؟

تجيب دراسة حديثة لبيير دي كولومبيي Pierre du Colombier ، خصصها لورشات الكاتدرائيات ، تجيب جزئياً على الاقل ، على هذا السؤال . في بداية القرون الوسطى كان رب العمل (اسقف او اباتي او كوستوفابريكا Custos Fabricae) يساهم مساهمة ناشطة في البناء ، فكان يوجه نفسه (مثل سوغر في سانت دينيز Suger à Saint-Denis) قصَّاب الحجارة الذي كان يأمر المعماري . وابتداءً من منتصف القرن الثالث عشر بدا انه اخذ يقلع عن مراقبة الورشات التي اصبحت واسعة ، بنفسه ، ورغب ايضاً في فصل الادارة المالية عن الادارة التقنية ، واذاً فقد فوض صلاحياته الى رجل مهنة . وهكذا ظهر المهندس المعمار الحديث ، في زمن القديس لويس Louis (ملك فرنسا) . وسمي بيير دي مونتريل Pierre De Montreuil « دكتور المعمارين » . أما الواعظ نيكولا دي بيارد Nicolas de Biard فقد بدا مذهولاً . فكتب يقول :

« في البنايات الضخمة هناك معلم رئيس يأمر بالكلام فقط ، ولكنه لا يستعمل يده إلا نادراً ، او على الاطلاق ، ومع ذلك فهو يقبض اتعاباً اكثر من الآخرين . . . ومعلمو العمار الذين يحملون

العصى بايديهم والقفازات يقولون للآخرين ، « قصب من هنا » ولكنهم لا يعملون بايديهم ، ومع ذلك فهم يقبضون مكافأة اكبر .

واخيراً عندما يوشك بناء ان ينهار ، يستدعى الاختصاصيون المشهورون من بعيدٍ بعيدٍ .

واقترن ظهور المهندس المعمار ، بتكاثر الخارطات والرسوم المرسومة على الرق . ولا يمكن تفسير العدد الكبير لهذه المستندات ، انطلاقاً من سنة 1250 ، بالحجة الوحيدة القائلة بان النماذج الاكثر حداثة كانت الاقل عرضة لعوادي الزمن . وبهذا الشأن لا يعرف الا مستندان سابقان على عهد القديس لويس Louis : خارطة دير سانت غال (القرن التاسع) وخارطة دير كنتربوري (القرن 12) . وبعد ذلك ظهر فيض من الخارطات بصورة مفاجئة : رسوم رمس Reims حوالي 1250 مجموعة خارطات فيلار دي هونكور Villard de Honnecourt ، في نفس الحقبة ، مشروع واجهة الكاتدرائية ستراسبورغ سنة 1275 ، رسوم كولونيا وفيينا واولم Ulm ، وسينه Sienne واورفيتو Orvieto ، وميلان وفلورنسا وكمبريدج في القرن الرابع عشر ، وخارطات منزلية انكليزية ابتداءً من 1324 . وبين ب. دي كولومبيي P.du Colombier بان مخططات الواجهات كانت اكثر بكثير من الخارطات وان الرسوم لم تكن مقاسة ولم تكن تخضع لاي سلم ولم تكن تنفذ بدقة ، انها كانت انواعاً من التقارير هدفها تعريف الاساقفة ومساعديهم ، بنوايا المهندس المعمار . وهذه الرسوم لم تكن بالواقع خارطات بالمعنى الصحيح تقدم صورة غير مشوهة ، مع التفصيلات ، بالنسبة الى الاقسام التي تخرج عن الخارطة ، وبالعكس بزت فيها نواة تطور منظور .

واذاً ما هو الرأي بما كان يسمى « سر الماسونيين في القرون الوسطى » : هل هو فن استنباط ارتفاع البناء من الخارطة او التعرف على « البعد الامثل » ، (الآلهي) ؟

هناك مستند ذو اهمية استثنائية ، هو « البوم Album » او خارطة اولية ، رسمها بين (1235 و1257) ، المهندس المعماري الفرنسي فيلاردي هونكورت ويقول علماء الآثار عموماً اليوم : يجب ان لا نرى فيها مجرد مجموعة من الملاحظات الشخصية ، اخذت اثناء الرحلات العديدة بل هي مجموعة من هذه المجموعات النموذجية التي تشكل بالنسبة الى الورشات وسائل عمل ثمينة .

ان الصفحات 33 التي وصلت الينا تضم خارطات ورسوم واجهات وتصاميم تماثيل ، وبعض رسمات لآلات مثل (الرافعة والقاذفة ، والمنشار المائي ، وحركة من الساعات تجعل تمثال الملاك باستمرار مشيراً باصبعه الى الشمس الخ) .

وإذاً كان فيلار دي هونكور مهندساً معمارياً ومهندساً مدنياً ايضاً . ويوجد في البومه Album اول اعلان ، وربما اول نموذج لهذه المخطوطات التقنية التي كانت منتشرة في بداية القرن الخامس عشر في المانيا الجنوبية وفي ايطاليا : بلفورتي لكونراد قيسر Bellifortis de Konrad Kueser ، (1405) ومخطوطات دونو شنجن Donaues chingen (1410) او الحرب الهوسية (1430)[نسبة الى جان هوس] ، وكتب فونتانا (1420) وكتب سنيني Cennini (1437)أو ماريانو Mariano (1438) .

وتبدو اعمال برتران جيل Bertrand Gille تدل على وجود تراث حق مستمر منذ فيلار دي هونكور ، حتى الواح **الانسيكلوبيدية** مروراً **بمسارح** الآلات من القرنين 16 و17 .

وهكذا لم يكن سابقو ليونار دي فنسي ، كما يظن دوهم Duhem ، المدرسيين الباريسيين الذين لم يقرأهم ، بل مهندسو نهاية القرون الوسطى .

والمسألة بهذا الشكل اعيدت الى الوراء . في منتصف القرن الثالث عشر ظهر نوع من الرجال جديد : هو المهندس المعمار او المبتكر (وهذا الاخير ظهر بشكل خاص في بلاط الفونس العاشر Alphonse X الملقب بالعالم) .كيف لا يمكن الاعتقاد بان التوسيع المفاجىء لمجال علم الستاتيك حتى يشمل الديناميك والايدروستاتيك ، والمغناطيسية ، لم يكن له اي علاقة بالنمو الاجتماعي المتزامن تماماً ، عند التقني ؟ وكيف يمكن القول بان شخصاً مثل جوردانوس Jordanus ومثل جيرار دي بروكسل Gérard de Bruxelles ، ومثل غليوم دي موربيكي Guillaume de Moerbeke ، وهو يترجم ارخميدس Archimède ، وفي ما بعد ، ان شخصاً مثل بوريدان Buridan ، او البير دي ساكس Albert de Saxe ، لم يكونوا على اتصال مثمر مع ممارسين يطبقون فنون الميكانيك ؟ نحن نعرف ان البير Albert الكبير كان يحب صحبة الحرفيين ، ونحن نعرف علاقة روجر باكون Roger Bacon مع بيير دي ماريكور ولا نجهل كذلك ان بوريدان ، وهو المناصر الرئيسي لنظرية الدافع ، قد اهتم بالرافعات وبالمدافع الاولى . ومع ذلك فمن المؤكد ان انسان القرون الوسطى قد بنى الكاتدرائيات دون ان يعرف كيف يحسب مقاومة اشباه المعادن ، وقد اطلق المدفع دون ان يدرس علم القذائف . ومن الواقع العملي اذاً القول ان الحاجة الانتفاعية هي التي ايقظت الفضول من جديد وهي التي اوجدت مراكز اهتمام جديدة . وبحسب الاحتمال الغالب اعطى البحثُ المنهجيُ في الاشارات الى المسائل التقنية الواردة في الكتابات المدرسية في اواخر القرن الثالث عشر ومطلع القرن الرابع عشر ، حصاداً اغنى بكثير مما هو متوقع .

3 ـ علم الخرائط والاكتشافات البحرية

ان تاريخ علم الخرائط والاكتشافات البحرية غامض كثيراً بفعل قومانية بعض العلماء الموسوعيين . وهذا التاريخ يشكو من الجهل المتكرر باشياء البحر الى درجة انه يصعب حالياً محاولة توضيحه وتركيبه بشكل جدي .

والنورمان (او رجال الشمال) الذين كانوا يلقون الرعب فوق شواطىء الامبراطورية الكارولنجية ، كانوا يستعملون سفناً تسمى دراكار ما يزال بعض نماذجها محفوظاً لحسن الحظ . وسنداً لاعادة تكوينها كان بامكانها ان تقطع عشر عقد او 11 عقدة ، اما الزعم القائل ان النورمان عرفوا كيف يحصرون الهواء ، فيتناقض مع الوجود الدائم للمجذفين . واكثر ما يعجب عند الفيكنغ ليس علمهم المشكوك به تماماً بل جرأتهم : فقد اكتشفوا ايسلندا سنة 861 ، وغروونلاند Groenland سنة 875

واميركا سنة 1000 . واكتشف احدهم ليف اركسون Lief Ericsson يومئذٍ على شاطىء الاطلسي ، بين لابرادور Labrador وماسا شوست Massachusetts ، ثلاثة بلدانٍ سماها هو ، من الشمال الى الجنوب : هلولاند (بلد القرميد) وماركلاند (بلد الغابات) وفينلاند او (بلاد الكروم) . وحاول بعض المستعمرين منهم ان يقيموا فيها فيما بين 1003 و 1030 .

واريد في بعض الاحيان تشريف النروجيين بانهم كانوا اول المستفيدين الأوروبيين من البوصلة . ويذكر كتاب هيستوريا اسلنديكا Historia Islandica لسنة 1108 ان فلوكي فيلجردارسون Floki Vilgerdarson قد ابحر سنة 868 ومعه ثلاثة غربان ، حتى يعرف بواسطة طيرانها قرب الأرض اليابسة (لأن البحارة لم يكن لديهم يومئذٍ مغناطيس) . وهذا البند يكون رئيسياً اذا كان تاريخه يعود ، كالرواية بالذات الى سنة 1108 . ولكن للاسف انه يعود بتاريخه الى حوالي سنة 1225 ، واذاً فهو لاحق للشهادات الأولى الفرنسية .

وظهرت البوصلة التي كانت معروفة في الصين منذ قرنين على الاقل ، عند البحارة الغربيين حوالي سنة 1200 . وهكذا وجدت فجأة مذكورة من قبل العديد من المؤلفين (غيو دي بروفانس Guyot de Provins ، الكسندر نكهام Alexandre Neckham ، وجاك دي فتري Jacques de Vitry الخ) .

وانتشرت « المارينات » او «الكالاميت» (اي البوصلة) بشكل ابرة ممغنطة مثبتة فوق معوم ، وموضوعة في وعاء مملوء بالماء . اما البوصلة ذات المحور او المركز فقد جاءت بعدها بقليل اذ نجدها مذكورة من قبل الكسندر نكهام Alexandre Neckham وموصوفة من قبل بطرس بيري غرونوس Pertus Peregrinus . والاسطورة حول اختراعها (او تحسينها) سنة 1302 من قبل شخص يسمى فلافيو جيوجا دامالفي Flavio Gioja D'Amalfi ، ليس لها اساس الآ نوع من سوء الفهم الفاضح .

ان الانحناء المغناطيسي المجهول من بياردي ميركور Pierre de Maricourt سنة 1269 ، يبدو بالمقابل معروفاً في بداية القرن الخامس عشر . وكريستوف كولومب Christophe Colomb ، رغم ذلك يبقى صاحب الفضل الأول بانه لحظ تغيره بين مكان وآخر من الكرة الأرضية (13 — 17 ايلول 1492) .

ولكن لا يكفي ان تعرف الجهة الصحيحة بل يجب ايضاً امكانية اتباعها . وبالضبط في الحقبة التي ظهرت فيها البوصلة (بداية القرن الثالث عشر) ، زالت من « السفينة الدفة » ـ المجذاف المأخوذة عن القدم ، لصالح دفة ذات محور عصري اثبت سطحها العريض الموجه بمفصل قوي في حاملة السكان ، وكان البحار الجالس امام السكان يتحكم ، بعد ذلك بسفينته تماماً ، ويمكن فضلاً عن ذلك النقاش حول مدى فعالية هذا الابتكار الذي اعتبره ر. ليفيفر دي نوويت R. Lefebvre des Noëttes وسيلة جعلت الابحار في عرض البحر ممكناً ، وبالتالي الاكتشافات الكبرى ممكنة .

وفي القرن الثالث عشر ايضاً ظهرت الخرائط البحرية الأولى . انما يجب توضيح معاني الكلمات العائدة لها :

ان « البورتولان Portulan » هو الوصف الخطي للشواطىء وللمرافىء ، وهو مجموعة من التعليمات بالنسبة الى البحار ، انها نوع من المرشد يدل على المسافات ، وعلى العوائق وعلى الرحلات المحتملة : وهو لا يقترن بالصورة الآ بصورة عرضية . اما « الخارطة البحرية » فشيء مختلف تماماً ، وان بدت عرضاً ، وقد اشار اليها لأول مرة غليوم دي نانجي Guillaume de Nangis عند كلامه عن الرحلة التي قام بها سنة 1270 القديس لويس Louis فوق سفينة من جنوى . ومن بين المستندات الخارطاتية المحفوظة حتى اليوم ، اقدمها هي « خارطة بيزا الشهيرة » . وهي على العموم من منشأ جنوي ، وهي اول خارطة موقعة وتحمل اسم راهب جنوبي اسمه جيوفاني دي كاريجنانو Giovanni de Carignano (حوالي 1300) . اما اقدم خارطة موقعة وتحمل تاريخاً فقد رسمت سنة 1308 من قبل الجنوي بيترو فيسكونتي Pietro Vesconte الذي اشتغل ايضاً في البندقية .

هذه المراجع الأولى المأخوذة عن ر. ألماجيا R. Almagia ، لا تكفي لحسم المسألة الصعبة حول نشأة الخارطات الملاحية ، وبالتالي الحكم الفصل بين انصار البيزنطيين وانصار البندقيين او الجنويين (رغم ان نوعاً من التفضيل يبدو لصالح هؤلاء الاخيرين) .

ان علم الخرائط يبدو انه تأسس في ماجوركا وفي كاتالونيا ، بصورة متأخرة تقريباً ، ولكنه ولد في هذا المجال روائع حقيقية . واقدم هذه الروائع المعروفة يحمل تاريخ 1339 وتوقيع انجيلينو دولسرت Angelino Dulcert . وهو يتميز بمشابهات كثيرة مع الخارطة التي رسمها قبل عدة سنوات الايطالي انجيلينو دالورتو Angelino Dalorto (دل اورتو Dall'Orto) حتى انه يخطر بالبال مماهاة الشخصيتين) ويجب ايضاً ذكر الاطلس الضخم المقدم سنة 1375 الى شارل الخامس Charles ملك فرنسا ، والتذكير ايضاً بالارادة التي امر بموجبها ، بيار الرابع Pierre IV ملك آراغون ان تحمل كل سفينة من سفنه خارطتين بحريتين وذلك في سنة 1354 .

وكانت هذه الخرائط مجرد بيانات (في اغلب الاحيان مضمومة الى بعضها البعض بشكل عشوائي) للبحار المطروقة فعلاً في ذلك الزمن . وهي تبحث بشكل خاص في الرحلات الرئيسية فتعين المسافات التي يجب قطعها ، وكذلك « الرمب » (اي الزاوية الدائمة التي يجب الحفاظ عليها طيلة مسار السفينة ، مع اتجاه الابرة المغناطيسية) . ولكن هنا لم يكن الامر اكثر من تقريب بعيد ، لأن السير المنحرف كان يؤخذ كخط مستقيم ، والمسافات تقدر تقديراً كيفياً (واول اشارة الى « اللوخ » او المسراع يعود الى سنة 1577) واخيراً كان الشمال الذي تدل عليه البوصلة ، لا يتلقى اي تصحيح . وتجدر الاشارة الى ان « الخروج عن المحور » في حوالي عشرة درجات في الاتجاه المباشر الملحوظ في كل الخارطات البحرية التي تعود الى القرن الرابع عشر والقرن الخامس عشر ، هذا الخروج يفسر بدون شك بالميل او الانحراف الشمال الشرقي السائد يومئذٍ في اوروبا الغربية .

ان الباخرة التي تذهب من نقطة A الى نقطة Bتتبع طريقاً موازياً للخط الجنوبي الشرقي - الشرقي من دوارة الرياح ؛ وسلم الخارطة كان يدل على المسافة . ويمكن القول بشكل تقريبي خالص ان BD يتطابق مع فرق الارتفاع ، و ADيتطابق مع انحراف الاطوال بين المرفأين (صورة رقم 43) . حتى عندما كانت مستندات تلك الحقبة تتضمن تربيعات ، لم يكن بالامكان التعرف فيها على خطوط الهاجرة او على المتوازيات . واذاً من العبث تصنيف البورتولان ضمن واحدة من الفئات الثلاث الكبرى للخرائط (الخرائط المسطحة ، الخرائط المطابقة او المتعادلة) .

ومنذ اواخر القرن الثامن عشر حصلت محاولات مهمة من اجل تطبيق الجداول التريغونومترية البدائية على الملاحة . ولم يكتف ريمون لول Raymond Lulle ، بهذا الشأن ان يصرح (في سنة 1295 — 1296) ان البحارة ... Habent Chartam , Compassum ...؛ بل اوضح ايضاً (ان الابحار يولد ويتفرع عن الجيومتريا وعن الحساب) . وقد نظر بشكل خاص الى حالة سفينة مجرورة نحو الجنوب الشرقي في حين ان عليها ان تتجه نحو الشرق : « عندما يسير هذا المركب ثمانية اميال نحو الجنوب الشرقي ، فان هذه الثمانية لا تساوي الا ستة بالنسبة الى الشرق » : هذه الجملة تترجم باللغة الحديثة بـ :

8 كوسينوس (جيب) 45° = 5,64 # 6 .

ومن الملفت ان نلاحظ انه في الوقت الذي كانت التريغونومتريا تتأسس في اوكسفورد كعلم مستقل ، ظهرت لدى رجال البحر جداول سميت « مارتيلوا Marteloio » او « مارتولوجيو Martologio » ونجد امثلة منها في اطلس اندريا بيانكو Andrea Bianco (1436) وضمن مخطوط يعود الى سنة 1444 ، ولكن اكتشافها يعود حتماً الى القرن الماضي . ويتيح هذا الجدول حساب المسافة وبموجبها تكون السفينة الشراعية التي ضلت طريقها بريح معاكس ، قد عادت الى مسارها بعد اتباع « رمب » تصويب معين . ويتيح هذا الجدول ايضاً حساب فرق الارتفاع بين مرفأين .

وهذا يقودنا الى المسألة التي اثارت جدلاً كبيراً حول نشأة الابحار الفلكي . وفي وسط الاهواء القومية والمناقشات الموسوعية لا يمكن الا ان نخاطر بالادلاء ببعض المشاعر الشخصية :

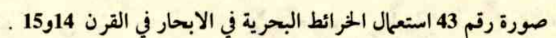
1 - الاسطرلاب الابحاري ، من عصر النهضة والمخصص فقط لقياس ارتفاع النجوم ، من فوق ظهر السفن ، هو تحريف بعيد ومبسط جداً للاسطرلاب الوسيطي المستخدم لحساب الحركات السماوية .

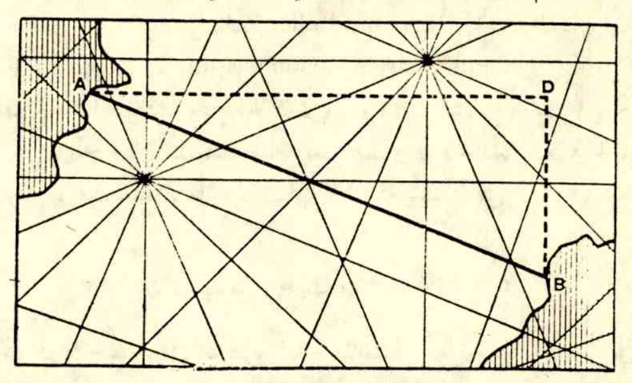
لا شك ان ملوك آراغون Aragon ، كانوا من هواة جمع الخارطات البحرية وقد امروا حتماً بتنفيذ العديد من الآلات الفلكية طيلة القرن الرابع عشر . ولكن هذا التوافق لا يبدو لنا ثابتا ، بمقدار ما يؤكده ج . دي راباراز G.de Reparaz إذ، منذ ارنود دي فيلنوف Arnaud de Villeneuve ، وريمون لول Raymond Lulle ، وبتأثير من بعض العناصر اليهودية ، كانت كاتالونيا وماجوركا مؤمنتين بعلم النجوم الذي كان الممارسون فيه من كبار زبائن بناة الاسطرلابات .

2— لم يحصل اي ابحار فلكي داخل حوض البحر المتوسط ، لا في القرون الوسطى ولا حتى

في القرن السادس عشر :

3^0 – من المؤكد ، مقابل ذلك ، ان الابحار في عرض البحار قد نشأ فوق البحار المجاورة لشواطىء الاطلسي الافريقية . لا شك ان البحارة هنا ايضاً قد بدأوا باتباع الشواطىء نحو الجنوب : وهكذا استطاعوا وقد جرتهم التيارات المؤاتية ، والرياح الصابيات الشمالية الشرقية ، ان يكتشفوا باكراً جزر السعادة او الكناري ، ولكن العودة اجبرت البحارة على الابتعاد نحو الغرب في منطقة الرياح المغيرة (او نسائم مجنونة) التي كانت تسود بين الكناري وجزر آسور .


صورة رقم 43 استعمال الخرائط البحرية في الابحار في القرن 14و15 .



وكلما صعدت السفن نحو الشمال كلما ازداد حظها في ملاقاة رياح الغرب التي كانت تدفعها نحو شبه الجزيرة الايبرية . واثناء هذه السفرات ـ العودة ، كما ذكر بحق آ ـ كورتيسا ، A.Cortesao ، تم حقاً الوصول الى ماديرا وآسور Madèra et Les Acores . وبعد الوصول لبحر ساراغاس كانت السفن الشراعية معرضة للاقتياد ، رغماً عنها نحو جزر الانتيل : وهنا بحق وجد مهد الابحار في عرض البحر .

4^0 – بدأت الرحلات في الاطلسي قبل القرن الخامس عشر بكثير ، مما ادى الى اكتشاف الشواطىء الغربية لافريقيا . وقد كان الجغرافي العربي الادريسي قد اشار الى المغامرين الثمانية الذين انطلقوا ، بعيد 1124 من لشبونة يبحثون نحو الغرب عن حدود المحيط ، ثم اقلعوا عن مشروعهم بعد ان اكتشفوا جزر ماديرا وجزر الكناري .

وحوالي سنة 1270 — 1275 اكتشف الجنوي لانزاروت مالوسللو Génois Lanzarote Malocello الجزيرة التي ما تزال تحمل اسمه حتى اليوم . وفي سنة 1292 قام آخران من جنوى هما الاخوان ايغولينو وغيدو فيفالدي Ugolino Et Guido Vivaldi بالبحث عن طريق الهند عبر الاطلسي :

« Quod Aliquis Usque Munc Minime Attemptavit , Per Mare Oceanum Mercimonia Utilia Deferentes » .

ولكن مشروعهم الجريء انتهى بمأساة غرقهم .

وتكاثرت في القرن الرابع عشر البعثات الى الكناري : وكانت اولاها برتغالية بمساهمة ايطالية سنة 1341 ثم ماجوريكية وكاتالانية في السنوات 1342, 1352, 1369, 1370, 1386 ، واندلسية سنة 1393 وفرنسية اخيراً سنة 1402 ، مع محاولات استعمارية من قبل النورمندي جان دي بتنكور Normand Jean de Béthencourt ، والبواتيفيني غاديفير دي لاسال Poitevin Gadifer de La Salle .

وكذلك في لائحة الجوائز المخصصة لمؤلفي الخارطات البحرية تعود مرتبة الشرف ، هنا من غير شك ، الى الجنوبيين والى الكاتالانيين . ودخل الأولون من بين العديدين ، ابتداء من سنة 1317 ، في خدمة البرتغال ، وزاروا ، قبل سنة 1350 ماديرا Madère وجزر الآسور ، وتصرف الآخرون بشكل اكثر تنسيقاً . واكتشف جاكم فيرر Jacme Ferrer سنة 1346 شاطىء افريقيا فيما وراء رأس بوجادور Bojador . وتبع ولي العهد ، جان داراغون Jean D'Aragon بنفسه ، وعن قرب الاكتشافات الجديدة . وعلى هذا ، وفي سنة 1373 ، اوصى بصنع ، « خارطة للابحار كاملة مع كل تفصيلاتها ومع كل ما هو ممكن فعله بشأن مضيق [جبل طارق] ، انطلاقاً نحو بونانت » .

5⁰— لا نمتلك حتى الآن الا معلومات مبهمة جداً حول بناء وحول تجهيز السفن الوسيطية : وكانوا يكتفون عموماً بمقارنة النيف (او السفينة المدورة) بالسفينة المستطيلة التي اخذت عن النروماندين ، ويشار الى التقدم الذي قام من جراء استبدال الشراع المربع بالشراع اللاتيني المثلث . ومهما يكن من امر فانه قبيل 1420 ظهر في البرتغال على ما يبدو سفينة مدورة صغيرة سميت كارافيل : وبواسطة اشرعتها الثلاثة اللاتينية وشراع الميزان (في المقدمة) المربع ، اصبحت هذه السفينة مهيئة للالتفاف والمناورة اي التقدم متلقية على التوالي الهواء المعاكس على اليسار ، وعلى الميمنة . وقد استلهمت هذه السفينة من الكارافو العربية ، وبواسطتهم من بانغي المحيط الهندي .

6 — واحتلت البرتغال المقام الأول بين الدول التي اندفعت لاكتشاف المعمورة . وهي مدينة بذلك وبآن واحد لموقعها الجغرافي ، وللتشجيع من قبل ولي العهد هنري الملاح Hrnri Le Navigateur الذي وجه بايمان وبمنهجية وبمثابرة اكتشاف الشواطىء الافريقية من 1415 الى 1460 وتحقق الانتشار البرتغالي ، رغم مساهمة العديد من الاجانب ، ضمن السرية التامة : من هنا عدم يقيننا فيما خص المعارف الابحارية بخلال النصف الأول من القرن الخامس عشر . وعلى الرغم من المبالغة فيما يسمى « بالمدرسة » او«اكاديمية» صاغر Sagres ، من المؤكد ان ولي العهد قد استخدم معارف وخدمات العلماء بحق : « فقد استجلب الى ماجوركا Majorque المعلم جاكوم Jacome الضليع جداً في فن الابحار ، والذي كان يصنع الخارطات والمعدات ، وقد كلفه هذا المعلم كثيراً لكي ياتي الى هذه المملكة ، من اجل تعليم علمه الى الضباط البرتغاليين المهتمين بهذه الصنعة » . ووقع الحدث بين (1420 — 1427) اما المعلم جاك Jacques فان ج . دي راباراز G.de Reparaz يجعله حاهودا Jahuda (ابن اليهودي ابراهام كريسك Abraham Cresquees الذي رسم سنة

1375 اطلس كاتالان لشارل الخامس) ومع ذلك لا شيء يثبت ، بشكل حاسم ان الابحار سنداً لارتفاع القطِب قد ظهر في البرتغال في الربع الثاني من القرن الخامس عشر : فقط بين 1456 و1462 شوهد لأول مرة بحار هو ديوغوغومز Diogo Gomes مزوداً بكادران او ساعة . وربما كان الامر يتعلق ، في روايته ، بعاكسة تعود الى مارتان بيهام Martin Behaim ، والى ما بعد سنة 1480 . ان تحديد الارتفاع الارضي بارتفاع خط الهاجرة الشمسي ، لم ينتشر عند البحارة الا ابتداءً من (1480 — 1485) (وربما بفضل تعليم ابراهام زاكوت Abraham Zacut) . وقدمت جداول آزاركيل Azarquiel وجداول الفونس القشتالي Alphonse De Castille والروزنامات العربية والاسبانية او البرتغالية في القرن الرابع عشر ، ومنذ زمن بعيد ، المعارف النظرية الضرورية ، اما التطبيق العملي فقد تاخر فقط نتيجة عدم ثقافة البحارة ، وبسبب شكل خارطات الابحار .

7 - ويزعم بحارة اليوم عادة ان الملاحة البرتغالية في منتصف القرن الخامس عشر ، قد اقتضت ، وبصورة خاصة من اجل العثور على جزر الآصور Açores ، اللجوء الى طرق فلكية في تحديد الارتفاعات . وكانت المعرفة التقليدية تواجههم بالصمت ، في هذا الشأن ، في الادب العلمي ، في القرون الوسطى السفلى : واخذ العديد من الكتب يفصل يومئذٍ بالتنافس ، استعمال الكادران والاسطرلاب ، دون الكلام عن التطبيقات الملاحية لهذه الآلات . ويدل انعدام الترقيم التدرجي ، للارتفاعات في الخارطات البحرية في تلك الحقبة ، على دحض الفرضية القائلة بوجود ابحار فلكي حقيقي سابق على 1480 .

ومثل هذا النقاش يدل تماماً على الصعوبة التي كان يلاقيها الوسيطيون غالباً ، في التوفيق بين تاريخ العلوم وتاريخ التقنيات . يقول ي . ج . ر . تيلور E.G.R.Taylor وآ . تيكسيرا داموتا A.Teixeira da Mota ، ان بحارة القرن الخامس عشر التزموا بارتفاع النجم القطبي ، رغم ان هذا النجم كان يرسم حول القطب دائرة صغيرة شعاعها حوالي 3 درجات ونصف .

والطريقة كان يمكن ان تكون التالية . في عدد من المرافىء كان التسجيل يتم على صفحة الكادران ، للنقطة التي يقع عندها بالنسبة الى كل مرفأ ، خيط الشاقول عندما يستهدف النجم القطبي ، في الوقت الذي تكون فيه الركائز في وضع معين . وهذا يتيح التصحيح في التموضع فوق خط الارتفاع ، عند الرحلات اللاحقة ، وبصورة فضلى في نفس الحقبة من السنة . هذه التقنية تشبه بشكل عجيب التقنية المستعملة في المحيط الهندي ، والتقنية الوارد ذكرها في ملحق « ريبيرتوار دو تمبو Repertorio Dos Tempos » لفالونتن فرنانديز Valentim Fernandes ، المنشور سنة 1563 ، وهو ملحق ، من جراء بدائيته . أرخه ي . ج . ر . تايلور E. G.R.Taylor ، قبل 1480 روسماه « دليل كريستوف كولومب Christophe Colomb » . ومن جهته اعتقدر . آ . لاغارداتريا R.A.Laguarda Trias انه عثر ، في الخارطات البحرية من القرون الوسطى السفلى على نوع من ترقيم درجات الارتفاع المعين ضمناً ، بالنسبة الى درجات ثلاث ، بفضل المسافة بين رأس سان فانسان وجزيرة برلنغا . ولكن كل هذا ما يزال يحتمل النقاش .

8 - ويتفق مؤرخو الجغرافيا على عدم الاهتمام عموماً ، الاهتمام الكافي بالخارطات الارضية . ودون الاشارة الى خارطات الاديرة المؤلفة من حرف T في قلب دائرة ،يتوجب على الاقل ذكر مؤلفات Mathieu ماتيو باريس (انكلترا ، حوالي 1250) وكذلك مؤلف اوبيسينوس دي كانيستريس Opicinus de Canistris (ايطاليا الشمالية ، حوالي 1335 — 1336) ، وكذلك «الغوفماب لِـ لابوليديان Grough Map de la Bodléienne (1325) . ويوجد أيضاً في المخطوطات الوسيطية لوائح عدة بمدن ، مع ذكر احداثياتها الصحيحة في غالب الاحيان . وقد اشرنا الى الدقة التي كان المعنيون في القرن الثالث عشر يقيسون بها الارتفاع ، اما البعد الطولي للمدن الاكثر اهمية ، فكان يعرف عن طريق مقارنة الساعة التي كانت الكسوفات ترصد فيها . وكيف يمكن ايضاً اغفال محاور الاحداثيات المستطيلة التي نادى بها نيكول اوريسم Nicole Oresme ؟ ان الخارطات الأولى المنسوبة الى كلوسترنيوبورغ Klosterneuburg ، قرب فيينا والتي درسها دانا دوران Dana Durand تقدم ، بمعزل عن اي تأثير لبطليموس ، استخداماً فخماً لهذه المعطيات (1425 — 1430) .

ولن نعود الى ذكر المسائل الصعبة التي تطرحها على العلماء « جغرافية » الفلكي الاسكندري العظيم . وعلى كل من المؤكد ان هذا النص المهم لم ينقله الاسلام الى الغرب ، كما لم ينقل كتب الجغرافيين العرب الذين استوحوا منه (وبخاصة كتب الخوارزمي والمسعودي) . والترجمة اللاتينية الأولى المأخوذة عن اليونانية بواسطة جياكومو انجيلو Giacomo D'Angelo ، مقدمة الى غريغوار Grégoire الثاني عشر سنة 1406 والى الاسكندر Alexandre الخامس سنة 1409 . وظهرت الخارطات مع النموذج المقدم سنة 1417 الى الكاردينال فيلاسترمن نانسي Fillastre De Nancy . ولكن سرعان ما ظهرت الحاجة الى التصحيح : فمنذ 1425 اضيفت خارطة تمثل اسكندينافيا وغرون لاند Scandinavie et Le Groenland . وتم التحقق ايضاً وبصورة تدريجية ، ان البحر المتوسط فيها مستطيل جداً ، واقل دقة رسم مما هو على الخارطات البحرية ؛ وتم التعرف ايضاً على الخطأ الذي يقوم على جعل المحيط الهندي بحراً داخلياً وذلك بضم افريقيا الجنوبية الى آسيا الجنوبية ـ الشرقية . وبالمقابل فإن الملاحظة سوف تتغير بفضل الدراسة النظرية لمختلف اسقاطات الكرة فوق سطح ، وبعادة تضمين الخارطات الخطوط المتوازية ، وخطوط الهاجرة .

وحذفت خارطة « مارتيلوجيو Martelogio » عندئذٍ لصالح « رجيمانتو داس ليغاس regim-ento das leguas » الدال على المسافة التي يتوجب قطعها في كل سطح هوائي حتى يزداد الارتفاع درجة واحدة .

وتم احلال الملاحة سنداً للنقطة محل الاسلوب الوسيطي « بحسب التقدير » وتبقى اذاً مسألة « نقل الساعة » من اجل تحديد خط الطول .

4 ـ الطب

سبق ان تكلمنا عن استمرارية طب علماني في مطلع القرون الوسطى ، وعن استمرارية مدرسة

سالِرن ، وعن الترجمات العربية ، وعن نقاط الاحتكاك بين فن الاشفاء والفلسفة المدرسية (وبصورة خاصة عند بطرس هيسبانوس Petrus Hispanus ، وارنود دي فيلنوف Arnaud de Villeneuve) . وقد ذكرنا ايضاً اختراع النواظير ، والمشاكل المذكورة في ادب الوصفات والتأثير الذي يمارسه على الاستطباب ، كل من السحر وعلم التنجيم وعبادة الايقونات .

جمود الطب : وكما ان الفلسفة الطبيعية في القرون الوسطى السفلى لم تستطع التخلص من الارسطية ، كذلك طب تلك الحقبة ، بقي اسير غاليان Galien وتابعيه العرب : فالمرض مرتبط بصورة اساسية في نظر هذه الفلسفة ، بعدم التوازن في الرطوبات . اما الاستطباب، فقد غرق في نظرية « الازمة » ، واستمر يبحث عن اعادة التوازن المفقود ، وعن تسهيل « الهضم » ، وعن استبعاد او على الاقل تحويل « المادة الروتية » وحتى عندما يكون الاستطباب اقرب الى التجريبية فإنه يصاب بعدم كفاية وصف الامراض فيه ، وهو يعالج لا المرض بالذات بل علاماته . ومع ذلك فقد تراجع تطور الطب بتأثير من ثلاثة عوامل وسيطية بشكل نموذجي : تأسيس الجامعات ، تعدد المستشفيات ثم الاهتمام بالانجازات العملية .

ومع تقدم الجامعات ـ وخاصة جامعات مونبليه وباريس وبولونيا وبادو ـ نزع الطب الى فقد ما كان فيه من تجريبية موفقة في سالِرن ، لكي يتحول اكثر فاكثر نحو المدرسية : فاسرف في الاستنتاجات المنطقية وفي التحليل القياسي . ولكن لفرط ما تمت الاستعانة بالمراجع ذات السلطة المطلقة ، عثر انها ليست دائماً على وفاق فيما بينها : من هنا مثلاً وضع بيار آبانو Pierre D'Abano كتابه « كونسيلياتور ديفيرنتياروم Conciliator Differentiarum . . . » (حوالي 1310) . وقضى تطعيم الادب المتخصص بالعديد من الكلمات اليونانية والعربية المحرفة جداً في اغلب الاحيان ، بوضع العديد من القواميس الطبية . ويذكر في المقام الأول منها كتاب : «سينونيما ميديسينا Synonyma Medicinae » او « كلافيس ساناتيونس Clavis Sanationis » من قبل سيمون الجنوي Simon De Genes (قبل 1292 بقليل) .

وظهرت اصالة الاطباء الوسيطيين ، في « المجموعات التوفيقية » التي ازداد انتشارها ابتداءً من نهاية القرن الثالث عشر . (واشهرها مجموعات تادو الديروتي Taddeo Alderotti ، وارنود دي فيلنوف Arnaud de villeneuve ، وجنتل دي فوليغنو Gentile de Foligno ، واوغو بنزي Ugo Benzi) ، اكثر مما ظهرت في العديد من الشروحات ، الحرفية جداً في اغلب الاحيان . شروحات على هيبوقراط وغاليان او ابن سينا ؛ وكذلك حتى في الكتب المطولة المخصصة للتعليم . وكتاب الكونسيليوم Consilium هو استشارة مقدمة خطياً ، لحالة محددة جداً ، يقدم عموماً الى شخصية غنية نوعاً ما : ويتضمن وصفاً للمؤشرات ، مع تشخيص المرض ، ووصف الدواء عند اللزوم ، ثم تعليمات مفصلة جداً حول نظام الحمية ، وحول المعالجة بواسطة الأدوية .

وكان الاطباء الجدد ، لاكمال تعليمهم النظري المأخوذ في الجامعات ، لا يكتفون بمراجعة مجموعات الكونسيليا ، بل كانوا ملزمين بالممارسة ، لمدة من الزمن قبل نهاية دروسهم تحت مراقبة الممارسين المجربين . ولكن لم يذكر في اي مكان ـ حتى كما زعم في فيينا ـ ان هذا التمرين يتوجب اكماله

في مستشفى . والتعليم العيادي في المستشفى ، سوف يكون من تجديدات القرن السادس عشر : ولم يظهر بشكل اكيد ، الا حوالي 1543 ، في بادو Padoue ، حيث جمع جيوفاني باتيستا دامونتي Giovanne Battista Da Monte تلامذته في مستشفى سان فرنسيسكو .

واتاحت المعرفة الافضل لتاريخ المستشفيات ، تحسين هذا التأكيد . ان المستشفيات كانت من سمات الحضارة المسيحية منذ حكم الامبراطور قسطنطين ، فتكاثرت في القرون الوسطى ، ولكن بشكل مآوي وحضانات اكثر مما كانت مستشفيات : وفي العديد من المؤسسات الدينية كان المستشفى يتميز بوضوح عن مأوى العجزة . ومشهورة اهمية الطب الديري في القرون الوسطى العليا ، وكذلك تراجعه ابتداءً من القرن الثالث عشر ، ولكن هذا الطب بقي داخل بعض الطوائف التي كان لها الحظ العجيب في النجاة من تأثير الجامعات الكبرى . وفي منتصف القرن الخامس عشر- وفي جميع الاحوال منذ 1463 - اشتهرت بعملها في دير نساك غواديلوب في استريمادور ، مدرسة صغيرة ولكن شهيرة في الطب والجراحة منها تخرج العديد من افاضل اطباء الملوك الكاثوليك .

تقدم الجراحة : برز تقهقر الطب نسبياً في القرون الوسطى وفي عصر النهضة بشكل قوي بحيث يتعارض مع تقدم الجراحة يومئذٍ. ان الجراحة السالرنيتية الكلاسيكية (جراحة رولان وروجر Roland Et Roger) كانت توصي باستحداث تقيح الجروح عمداً من اجل استبعاد اسباب الاصابة ، حسب ما كانوا يعتقدون . وكان لطبيبين ايطاليين : « هوغ دي لوك Hugues de Lucques (1252) وابنه تيري Thierry (1205 — 1298) الفضل الكبير في اثبات ان تكون القيح يمنع التآم الجرح: وقد اوصيا بغسل الجروح ، بالخمر وتركها حتى تنشف . ودخلت طريقتهم الى فرنسا على يد لانفران الميلاني Lanfranc de Milan وجان بيطار Jean Pitart ، وهنري دي موندفيل Henri de Mondeville .

ويذكر ايضاً عن هوغ دي لوك ، استعمال مزيج من الافيون والجوسكيام والمندراغور لتنويم المريض قبل العمليات الجراحية . لا شك انه لم يكتشف هو فضائل هذه المخدرات ، ولكن تيري Thierry وصف بدقة بالغة الاسفنجة المنومة المشبعة على هذا الشكل واضاف ايضاً الى وجوب تركها تنشف بعد الاستعمال ، وانه يكفي تغطيسها لحظة في الماء الفاتر لكي تعود اليها فعاليتها . نذكر ، عرضاً ، ان هذه الاسفنجة لم تكن معدة لكي تعمل عن طريق الاستنشاق ، بل عن طريق التماس المباشر بالاغشية داخل الفم والانف ، بحيث تدخل المواد القلوية المذابة في الماء الى الدم .

واعاد غليوم دي ساليسيتو Guillaume de Saliceto استعمال السكين من قبل الجراحين ، حوالي سنة 1270 ، بعكس العرب الذين كانوا يستعملون الحديدة الحمراء . ونعجب ، بمعالجته الاطفال المصابين برطوبة في رؤوسهم (فكان يحدث بواسطة الميسم ثقباً صغيراً يسمح بتسرب المصالة) . واستعمل الجراح ، ابتداءً من القرن الرابع عشر ادوات اكثر فاكثر تعقيداً وفي ما بين 1306 و1320 استعمل هنري دي مونتفيل Henri de Mondeville المغناطيس لاستخراج شظايا

الحديد . واستخدم جهازاً خاصاً لاستخراج الاسهم من الجروح التي احدثتها ، وركز بقوة على ضرورة ربط الشرايين بعناية عند عمليات البتر . وابتكر غي دي شولياك Guy de Chauliac (حوالي 1368) نظاماً من البكر مع موازٍ حتى يتفادى ان تمنع الاضلاع المكسرة المريض من التنفس . واهتم ايضاً في تجنب خسارة السائل المخى . ومع ذلك لم تقدم جراحته الاصالة التي كانت متوقعة من شهرته الواسعة . وتقضي عادة معالجة جروح الحرب باستكمالها بالجراحة التجميلية (وخاصة جراحة الانف) . واشتهر في هذا الاختصاص آل برنكا في كاتانيا Branca de Catane ، وذلك حوالي سنة 1400 ، بفضل نجاح زراعتهم .

وكان يقال في القرون الوسطى ان الجراح الذي يجهل تشريح الجسد يقطع مريضه كما ينشر الاعمى الخشب . ولكن منذ عصر آراسيسترات وهيروفيل Erasistrate Et Hérophile (اي منذ القرن الثالث قبل المسيح) لم يقم اي استاذ في الطب بتشريح الجثث : كان غاليان يستعمل القرود ، اما اساتذة سالرن Salerne فكانوا يكتفون بالخنازير .

وقد هلل الناس للامبراطور فريدريك Frédéric الثاني حين منع في سنة 1241 ، منعاً باتاً اي انسان من ممارسة الجراحة ، «اذا لم يكن قد تعلم في المدارس تشريح الجسم البشري» هذا النص المنفرد الوحيد ، لم يكن يقضي ، بحسب ظننا الا بوجوب الدراسة الكتبية للتشريح البشري ، المقترن طبعاً بالتبيين على الحيوانات . وقد تأكد ايضاً ان التشريح الجراحي كان شائعا في مطلع القرن الرابع عشر لأن قراراً قد صدر عن المجلس الاعلى في البندقية يقضي باجازة هذا التشريح صراحة ، وذلك في 27 ايار سنة 1308 بمعدل تشريح واحد في السنة ، دون ان تبدو الجدة في ذلك . وقد يحدث في كل حال أن يتوجب تصحيح التاريخ من سنة 1308 الى سنة 1368 . ومن المؤكد فضلاً عن ذلك انه في كل مكان تقريباً ادت ممارسة تشريح الجثث الى فتح الطريق امام تشريح الاحياء .

ومهما يكن فإنه في الربع الاخير من القرن 13 ظهرت الرغبة في التثبت على الانسان ، من الملاحظات الجارية حتى ذلك الحين على الحيوان . يدل على ذلك العديد من المؤلفات في الجراحة ، التي كتبت في تلك الحقبة ، وخاصة كتاب غاليوم دي ساليسيتو Guillaume De Saliceto ، (وان بشكل ضمني جداً) . وبذات الوقت اخذت تظهر الاشارات الواضحة ، الى تشريحات جدية خاصة في سنة 1286 في مجلة ساليمبن Salimbene ، وفي سنة 1302 في بولونيا .

وفي بولونيا ايضاً قام ، في كانون الثاني وآذار سنة 1316 موندينو دي لوزي Mondino Dei Luzzi الشهير بتقطيع وتفحص جثتي امرأتين بنفسه . ودون في الحال تقريباً طريقته وملاحظاته في كتاب تشريح صغير « Non Hic ObservansStylum Altum , Sed Magis Secundum Manu-alem Operationem» . ومن المستحسن البدء بالاعضاء الاكثر تعرضاً للاصابة ، ومن هنا خطة الكتاب الذي يستعرض على التوالي « البطن الاسفل »«والبطن الاوسط » (التجويف الصدري مع الرقبة والفم)، واخيراً البطن الأعلى اي الرأس . ولا يضيف الكتاب شيئاً للمعارف التشريحية المعروفة يومئذ ، كما هي معلمة في الكتاب الرابع من كتاب الجراحة لغاليوم دي ساليسيتو Guillaume de

Saliceto وفي القسم الأول عن كتاب الجراحة لهنري دي موندفيل Henri de Mondeville . وهذا يعود الى ان موندينو Mondino ، المحتار غالباً بين مشاهداته وبين ما تعلمه في الكتب ، كان يميل ويخضع امام الشهرة ويفقد ثقته بنفسه . وتأثره بغاليان حمله على ان يرى في الوريد الطحالي مجرى يصب مباشرة في المعدة التي كان يراها كروية ، كما كان يرى ان السويداء او عصارة المرارة يفرزها الطحال . وتأثره بغاليان ايضاً حمله على ان يكتشف في القلب بطيناً مركزياً يتيح للقسم الالطف من الدم الانتقال من البطين الايمن الى البطين الايسر ، لكي يشكل باتحاده بالهواء الأتي من الرئتين روح الحياة . وكان اول من لاحظ ان الرحم يزداد حجمه عند المحيض ، ولكنه استمر يؤكد على وجود سبع خلايا في تجويف الرحم ، واكد ان الكبد يكون اعلى في الجثة مما هو عند الانسان الحي ، ولكنه وصف هذا العضو ذا الخمسة جيوب كما هو في الخنزير .

ويبدو عمل موندينو Mondino مفيداً بشكل خاص بمقدار ما يساعد على فهم جمود الدراسات التشريحية رغم تعدد عمليات التشريح الجراحي .

ولا يمكن في مطلق الاحوال القبول بالرأي المبسط الذي يعزو الى الكنيسة المسؤولية الكبرى عن هذا الواقع . والواقع ان القرار البابوي الصادر عن بونيفاث الثامن وعنوانه « دي سيبولتوريسم De Sepulturis » يمنع فقط غلي جثة الاشخاص الميتين بعيداً عن منازلهم ، ثم فيما بعد اعادة هيكلهم الى موطنهم . والمنع البابوي الذي استند اليه غي دي فيجيفانو Guy de Vigevano ، سنة 1345 ، ربما لم يصدر الا عن اسقف باريس . الا ان كتاب « ملوس ليكر ، فيزيكا ارتيس Melleus Liquor Physicae Artis » لالكسندر هيسبانوس Alexander Hispanus ، يصف بذات الحقبة مشهداً غريباً في الحياة الجامعية : فقد امرت السلطات الكهنوتية بفتح جمجمة تلميذ مات اثناء عملية سكر . وذلك لكي يتبين زملاؤه في جبل القديسة جنفياف Geneviève كم هو صحيح قول ابن سينا : ان التجاوزات الجنسية تحدث دائماً على حساب الدماغ .

ومع ذلك قد يجوز ان يكون المبدأ القائل بان « الكنسي » يكره الدم (اكليزيا ابهور سنغينا Ecclesia Abhorret A Sanguine هو الذي منع الاساتذة المتدينين من تشريح الجثث بانفسهم . ومن هنا الصور الكلاسيكية للاستاذ وهو يقرأ غاليان ، في حين من اجل تبيين شرحه يقوم الشارح « الاسطنسر Ostensor » بالاشارة بقضيب الى الاعضاء التي يكشفها المشرح في جسم المحكوم عليه . ومن هنا ايضاً اسبقية وتفوق الجامعة في هذا المجال ، خاصةً جامعة بولونيا العلمانية . ولم تظهر التشريحات الاولى الا متأخرة جداً في فرنسا ، حوالي 1340 في مونبيليه و 1407في باريس ، حيث لم تصبح منتظمة الا في سنة 1477 .

ولكن تجب الاشارة ، مع ي. ويكرشيمر E. Wiekersheimer ، الى ان هذه التواريخ لا تعني شيئاً ، لأن السرية كانت هي القاعدة في هذا المجال ، واي حادث كان يمكن ان يتفاقم نتيجة غضب الجراحين من الاطباء الذين كانوا يعلمون علم التشريح للحلاقين ، مزاحميهم .

وحتى لو كان الاطباء قادرين على فتح عيونهم ، الا ان اطباء القرن الرابع عشر والقرن الخامس عشر لم يعرفوا عموماً كيف يترجمون ملاحظاتهم بواسطة الرسوم والصورة ، كما كانوا اكثر عجزاً ايضاً عن نشرها بين الطلاب . ورغم البدائية يبدو كتاب علم التشريح لـ غي دي فيجيفانو Guy de Vigevano (1345) احد القمم في التبين الطبي في القرون الوسطى . (اللوحتين 47و48) . ويعود الفضل في الواقع الى الحفر والى المطبعة اللذين اعطيا فيما بعد الاهمية لعلم شخص مثل فيزال .

المعشبين والمادة الطبية : وهناك مشكلة اخرى تطرح نفسها بالنسبة الى المداوين بالاعشاب والذين يعود تراثهم الى ديوسكوريد Diosecoride . ولكن كتاب إربابيوم لما يسمى آبولي Herbarum du Pseudo Apulee ، وكتاب ماسر فلوري دوس Macer Flouridus المنظوم شعراً لاودون دي مونغ (نهاية القرن الحادي عشر) يَفْضُلان بحقٍ على كتاب سيركا انستانس للطبيب السارلني ماتيوس بلاتيريوس Matthaeus Platearius (T 161) : وعن هذا الكتاب الاخير اشتقت ، بعد التصحيح والتكميل غالبية كتب الاعشاب في اواخر القرون الوسطى ، وكان من الصعب يومئذٍ تحديد المفردات المذكورة تحت اسماء يونانية او عربية ، خاصة وان الامر يتعلق باجناس متوسطية غير معروفة في اوروبا الشمالية . وطابقت البحوث اللغوية المعجمية لشخص مثل سيمون الجنوي Simon de Génes (حوالي 1292) ولشخص مثل ماتوس سيلفاتيكوس Matthaeus Silvaticus (1317) جهود الشراح الموضحين المغفلين غالباً الذين حاولوا ، مستغنين عن النماذج المحددة جداً عند سابقيهم من الرومان ، ان يعثروا ، احياناً على الطبيعة ، عن الصورة الصحيحة للنباتات . وهنا يجب ان نضع مقارنة بين التطور العام في الفن ، وبين التقدم في هذا التوضيح العلمي الطبيعي الذي كان من روائعه كتاب الاعشاب الشهير في البندقية لواضعه بنيديتو رينيو Rinio Genedetto (1410) والذي نجد عنه ايضاً امثلة جميلة في مخطوطات الموسوعات الكبرى في القرن الثالث عشر او في النسخات الاكثر غنى من كتاب « تكوينم سانيتانس Tacuinum Sanitatis » لـ « آلوشاسن ايليميتار Elluchasen Elimithar [ابن البطلان] المتوفي حوالي 1063 .

وفي منتصف الطريق بين هذين التيارين المعجمي والتصويري تم عمل انتقادي جلود ووصفي دقيق : احد افضل الامثلة ، يقدمه بدون شك كتاب الاعشاب لريفينوس Rufinus (بعد 1287 بقليل) . ونذكر هنا المؤلف النباتي الذي سبق تحليله ، لالبير الكبير .

وان نحن قارنا بين المادة الطبية القديمة والمادة الطبية في القرون الوسطى نجد هذه الاخيرة قد اغتنت مع العرب بعدد من النباتات الاجنبية والمستحضرات شبه المعدنية ، وفتحت الكحول امام الصيدلة امكانات جديدة . ورائعة هي ايضاً ، فيما يتعلق بامراض الجلد وصفات المراهم الزئبقية التي نلاحظ مفاعيلها على سيلان اللعاب : وقد عرفت هذه المراهم نجاحاً كبيراً في فجر عصر النهضة لمعالجة السفلس .

الصراع ضد الامراض المعدية : اعطى الطب الوسيطي مكانة واسعة لنظام الحماية، والوقاية،

والاستشفاء بالمنتجعات . وبعد التدابير الدقيقة الصارمة تراجع الجذام في بداية القرن الرابع عشر ، وبعد مئتي سنة زال تقريباً في الغرب المسيحي إلا من ذكراه السيئة . ولكن في سنة 1348 اجتاح وباء عنيف جداً أوروبا : انه « الطاعون الأسود » الطاعون الدبيلي ، الذي ينقله البرغوث والجرذ مع متفرعه الرهيب الطاعون الرؤوي (الذي ينتقل من إنسان إلى إنسان) عند الشعوب السيئة التغذية والتي تعيش في مناخ رطب . وكان الطاعون مسلطاً دائماً ، خلال العقود التالية ، فنشأ عنه أدب غزير جداً ولكنه قليل الفعالية . وعندما لم تكن نشأت المرض تعزى إلى الغضب الإلهي والى التصرفات المجرمة لليهود وللمجذومين ، والى الموقع الضار للكواكب أو إلى الخوارق الطبيعية الفضائية أو الجيولوجية ، عندها كان بذل جهد ، من أجل تفسير تسمم « الهواء » وشرح عملية العدوى . وفي هذا كان جنتيل دي فولكنو Gentile de Folgno ، أميناً لغاليان ولعلي ابن عباس ، فذكر « البذار » ، والمخلفات التي يبقيها المرض . واكتفى بهذا الحد ، ثم ان جرثومة يرسين Yersin لم تكتشف إلا سنة 1894 . ولكن منذ 1348 تكاثرت الأنظمة الصحية في كل مكان تقريباً ، وخاصة في إيطاليا وفي المرافىء بشكل عام . وظهر الحجر الصحي الثلاثيني الترانتينا Trentina في راغوس Raguse (دوبروفنيك Dubrovnik) سنة 1377 . وظهرت الكرنتينا ، في مرسيليا سنة 1383 .

الخلاصة

ودون الادعاء باننا قدمنا اجوبة منهجية على المسائل المتعددة التي يطرحها ، بالنسبة الى العالم الوسيطي ، العالم او الفيلسوف او رجل الدين ، فقد حاولنا فقط ان نضع المسائل في بعد تاريخي شامل ما امكن .

ومع ذلك يبدو لنا انه من المستحيل القبول بالاتهام المزدوج ، الجمود والعقم اللذين تتهم بهما القرون الوسطى اللاتينية . لا شك ان التراث القديم لم يعرف باكلمه ولم يستثمر بشكل ذكي ، لا شك ان الرجال الاعظم مثل ليونار دي بيز Léonard de Pise ، وبيير ماريكور Pierre Maricourt ، او تيري فريبرغ Thierry de Freiberg لم يضعوا مدرسة ، ومع ذلك ، ومن قرن الى قرن ـ ومن جيل الى جيل ، داخل نفس المجموعة ـ يوجد تطور ويوجد عموماً تقدم .

ولا يجب الكلام عن القرون الوسطى ، كما يجري غالباً ، مع التفكير بالكاثوليكية التي قامت ضد الاصلاح الديني ولا بمحاكمة غاليلي .

والكنيسة (التي قد يؤخذ عليها موقفها من العلم ، في حقب اخرى) عملت ، بالنسبة الى القرون الوسطى ، اكثر على الانقاذ والتشجيع اكثر مما عملت على الحد او التحويل . ان عصر النهضة ، وان اراد الانتساب فقط الى العصور القديمة فهو الابنة الجحودة للقرون الوسطى .

المراجع

مؤلفات عامة

G. SARTON, *Introduction to the history of Science*, Baltimore, 1927-48, 3 t. en 5 vol. — L. THORNDIKE et P. KIBRE, *A catalogue of incipits of mediaeval scientific writings in latin (revised ed.)*, London, 1963. [*Additionnal addenda et corrigenda* dans la revue *Speculum*, t. XL (1965), pp. 116-122]. — A. MIELI, *Panorama general de historia de la Ciencia* : t. II, *El mundo islámico y el Occidente medieval cristiano* ; t. III, *La eclosión del Renacimiento*, Buenos Aires, 1946-1951. — A. C. CROMBIE, *Histoire des sciences de saint Augustin à Galilée*, Paris, 1959 et 2e éd. anglaise, Londres, 1961, 2 vol.; *Robert Grosseteste and the origins of experimental science*, Oxford, 1953. — Ch. H. HASKINS, *Studies in the history of mediaeval Science*, Cambridge, Mass., 1927. — L. THORNDIKE, *History of magic and experimental science*, New York, 1923 (vol. I-II) et 1934 (vol. III-IV). — P. DUHEM, *Le système du monde*, Paris, 1913-1959, 10 vol. — A. MAIER, *Studien zur Naturphilosophie der Spätscholastik*, Roma, 1949-1958 : I, *Die Vorläufer Galileis im 14. Jahrhundert* (1949) ; II, *Zwei Grundprobleme der scholastischen Naturphilosophie* (1951) ; III, *An der Grenze von Scholastik und Naturwissenschaft* (1952) ; IV, *Metaphysische Hintergründe der spätscholastischen Naturphilosophie* (1955) ; V, *Zwischen Philosophie und Mechanik* (1958). — J.-M. MILLÁS VALLICROSA, *Estudios sobre historia de la ciencia española*, Barcelona, 1949 ; *Nuevos estudios sobre historia de la ciencia española*, Barcelona, 1960.

الاطار الادبي والفلسفي

M. MANITIUS, *Geschichte der lateinischen Literatur des Mittelalters*, München, 1911, 1923 et 1931, 3 vol. — E. GILSON, *La philosophie au Moyen Age*, Paris, 1944 ; *History of christian philosophy in the Middle Ages*, London, 1955. — B. GEYER, *Die patristische und scholastische Philosophie*, 11e éd., Berlin, 1928 [t. II de F. UEBERWEGS, *Grundriss der Geschichte der Philosophie*]. — H. RASHDALL, *The Universities of Europe in the Middle Ages*, nouv. éd. par F. M. POWICKE et A. B. EMDEN, Oxford, 1936 ; à compléter avec S. STELLING MICHAUD, « L'histoire des universités au Moyen Age et à la Renaissance au cours des vingt-cinq dernières années » dans *XIe Congrès international des sciences historiques, Rapports*, Stockholm, 1961, t. I, pp. 97-143.

الـرياضيـات

D. E. SMITH, *History of mathematics*, Boston, 1923-1925, 2 vol. — J. TROPFKE, *Geschichte der Elementarmathematik*, 3e éd., t. I-IV, Leipzig, 1930-1940. — A. P. JUSCHKEWITSCH, *Mathematik im Mittelalter*, Leipzig, 1964. — N. BUBNOV, *Gerberti opera mathematica*, Berlin, 1899. — P. VER EECKE, *Le livre des nombres carrés* [de Léonard de Pise], Bruges, 1952. — M. CLAGETT, *Archimedes in the Middle Ages*, vol. I, Madison, 1964. — Sur l'arithmétique et la comptabilité, les travaux de K. VOGEL, G. BEAUJOUAN, R. de ROOVER et A. FANFANI.

علم الفلك

P. DUHEM, *Système du monde*, déjà cité. — F. J. CARMODY, *Arabic astronomical and astrological sciences in latin translation*, Berkeley, 1956. — J.-M. MILLÁS VALLICROSA, *Estudios sobre Azarquiel*, Madrid-Granada, 1943-1950 (sur les tables astronomiques) ; *Las tablas astronómicas del rey don Pedro el Ceremonioso*, Barcelona, 1962. — E. POULLE, *Un constructeur d'instruments astronomiques au XVe siècle : Jean Fusoris*, Paris, 1963. — F. MADDISON, « Early astronomical and mathematical instruments : a brief survey of sources and modern studies », dans la revue *History of Science*, t. II, 1963, pp. 17-50.

علم الفيزياء

M. CLAGETT, *The science of mechanics in the Middle Ages*, Madison, 1959. — E. A. MOODY et M. CLAGETT, *The medieval science of weights*, Madison, 1960. — H. L. CROSBY, *Thomas of Bradwardine : his « Tractatus de proportionibus » and its significance for the development of mathematical physics*, Madison, 1955. — W. A. WALLACE, *The scientific methodology of Theodoric of Freiberg*, Fribourg, 1959. — A. KOYRÉ, « Le vide et l'espace infini au XIVe siècle » (*Archives d'histoire doctrinale et littéraire du Moyen Age*, t. XXIV (1949), pp. 45-91). — Ajouter presque tous les titres des « ouvrages généraux » indiqués ci-dessus.

الخيمياء

Voir la bibliographie donnée t. II, p. 181. Ajouter W. GANZENMÜLLER, *L'alchimie au Moyen Age*, Paris, 1940. — P. CÉZARD, *La littérature des recettes du XIIe au XVIe siècle* (non publié). — R. J. FORBES, *A short history of the art of distillation*, Leiden, 1948.

التقنيات

Histoire générale des techniques, publ. sous la direction de M. DAUMAS, t. I et II, Paris, 1962-1965. — L. WHITE, *Medieval technology and social change*, Oxford, 1962. — G. BEAUJOUAN, *L'interdépendance entre la science scolastique et les techniques utilitaires (XIIe, XIIIe et XIVe siècles)*, Paris, 1957. — B. GILLE, *Les ingénieurs de la Renaissance*, Paris, 1964. — P. du COLOMBIER, *Les chantiers des cathédrales*, Paris, 1953. — J. GIMPEL, *Les bâtisseurs des cathédrales*, Paris, 1959.

الجغرافيا والاكتشافات البحرية

C. R. BEAZLEY, *The dawn of modern geography*, London, 1897-1906, 3 vol. — D. B. DURAND, *The Vienna-Klosterneuburg map corpus of the fifteenth century : a study in the transition from medieval to modern science*, Leiden, 1952. — S. GARCÍA FRANCO, *Historia del arte y ciencia de navegar*, Madrid, 1947, 2 vol. ; *La legua náutica en la Edad media*, Madrid, 1957. — L. ALBUQUERQUE, *Introdução à história dos Descobrimentos*, Coimbra, 1962. — D. LEITE [et V. M. GODINHO], *História dos Descobrimentos*, Lisboa, 1959-1962, 2 vol.

البيولوجيا والطب

Ch. SINGER, *History of biology*, New York, 1950. — H. BALSS, *Albertus Magnus als Zoologe*, Stuttgart, 1947. — G. PETIT et J. THÉODORIDÈS, *Histoire de la zoologie des origines à Linné*, Paris, 1962. — L. THORNDIKE et F. S. BENJAMIN, *The herbal of Rufinus*, Chicago, 1945. — A. CASTIGLIONI, *Storia della medicina*, Verona, 1948. — B. L. GORDON, *Medieval and Renaissance medicine*, London, 1960. — E. WICKERSHEIMER, *Dictionnaire biographique des médecins en France au Moyen Age*, Paris, 1936, 2 vol. ; *Anatomies de Mondino dei Luzzi et de Guido de Vigevano*, Paris, 1926. — G. BEAUJOUAN, Y. POULLE et J.-M. DUREAU, *Médecine humaine et vétérinaire à la fin du Moyen Age*, Genève-Paris, 1966.

الفهرست

أ

ب

ت

ث

ج

ح

خ

د

ذ

ر

ز

س

ش

ص

ط

ع

غ

ف

ق

ك

ل

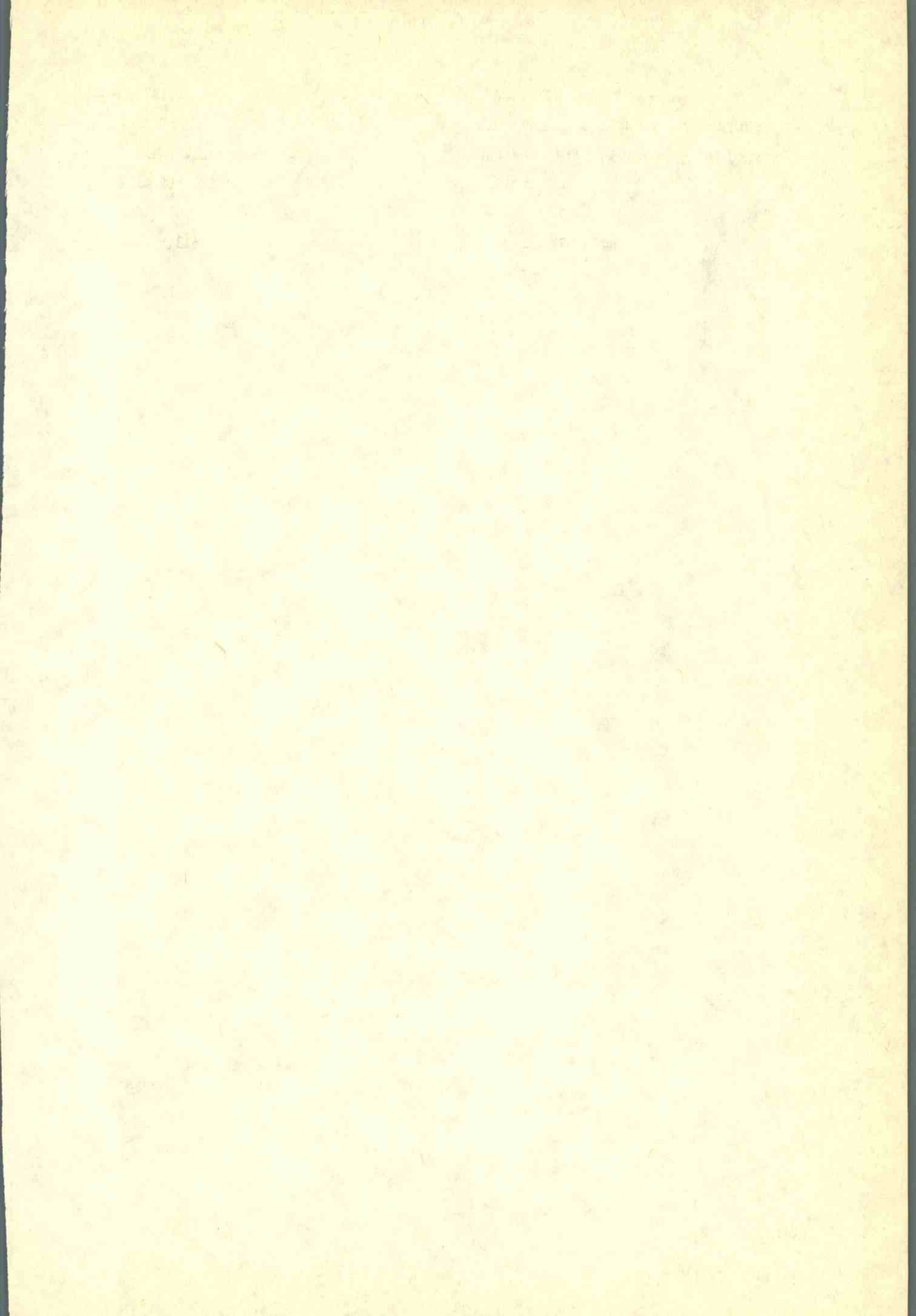
م

ن

هـ

و

ي



فهرست بالرسومات والجداول

رقم الصورة	الصفحة

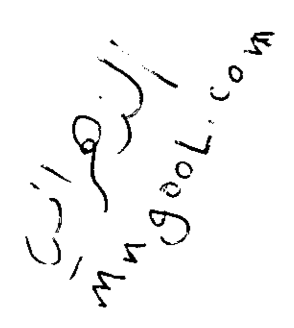
فهرس

الصفحة

الموضوع

الكتاب الثاني ـ العلم الهلينستي والروماني

القسم الثالث : القرون الوسطى



تاريخ العلوم العام

العلم الحديث

تاريخ العلوم العام

المجلد الثاني

العلم الحديث

من سنة 1450 إلى سنة 1800 م

بإشراف

رنيه تاتون

ترجمة

د. علي مقلد

المؤسسة الجامعية للدراسات والنشر والتوزيع

بيروت ـ الحمراء ـ شارع اميل اده ـ بناية سلام

هاتف ٨٠٢٤٢٨ ـ ٨٠٢٤٠٧ ـ ٨٠٢٢٩٦

بيروت ـ المصيطبة ـ بناية طاهر هاتف ٣٠١٠٣٠ ـ ٣١١٣١٠

ص. ب ١١٣/٦٣١١ تلكس ٢٠٦٦٥ ـ ٢٠٦٨٠ لبنان

الطبعة الأولى

1411هـ - 1991م

الطبعة الثانية

1413هـ - 1993م

المؤسسة الجامعية للدراسات والنشر والتوزيع

بيروت ـ الحمرا ـ شارع اميل اده ـ بناية سلام
هاتف ٨٠٢٤٢٨ ـ ٨٠٢٤٠٧ ـ ٨٠٢٢٩٦
بيروت ـ المصيطبة ـ بناية طاهر هاتف ٣٠١٠٣٠ ـ ٣١١٣١٠
ص.ب ١١٣/٦٣١١ تلكس ٢٠٦٦٥LE ـ ٢٠٦٨٠ سنت

العِلْمُ الحَدِيث

هذا الكتاب ترجمة

HISTOIRE GÉNÉRALE DES SCIENCES

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION DE RENÉ TATON

Directeur scientifique au Centre national de la Recherche scientifique

TOME II

LA SCIENCE MODERNE

(DE 1450 A 1800)

par

E. BAUER, Y. BELAVAL, G. CANGUILHEM, C. CHAGAS, J. CHESNEAUX, I. B. COHEN, P. COSTABEL, Fr. DAGOGNET, M. DAUMAS, A. DAVY DE VIRVILLE, P. DELAUNAY, R. DUGAS, L. DULIEU, J. FILLIOZAT, R. FURON, M. D. GRMEK, É. GUYÉNOT, L. HALPERIN DONGHI, G. HAMAMDJIAN, J. ITARD, A. KOYRÉ, R. LAMONTAGNE, R. LENOBLE, J. F. LEROY, J. LÉVY, Ch. MORAZÉ, J. NEEDHAM, J. ROGER, E. ROSEN, J. ROSTAND, J. TATON, R. TATON, A. TÉTRY, J. THÉODORIDÈS, M.-A. TONNELAT, G. WALUSINSKI

DEUXIÈME ÉDITION REFONDUE ET AUGMENTÉE

©PRESSES UNIVERSITAIRES DE FRANCE

المقدمة

في حين يرسم المجلد الأول من هذه المجموعة تطور العلوم في مختلف الحضارات منذ البدايات حتى أواخر الحقبة الوسيطية ، لا يعالج هذا المجلد إلا حقبة أقصر ، تمتد تقريباً ، من منتصف القرن الخامس عشر حتى نهاية القرن الثامن عشر .

هذا اللاتوازن يمكن تبريره بسهولة ، فالمرحلة من تاريخ العلم التي ندرسها في هذا المجلد تتوافق في معناها العميق وبغنى محتواها ، مع الحقبة الأكثر حسماً في كل تاريخ الفكر العلمي ، في أوروبا الغربية ، انطلاقاً من عصر النهضة ، من المؤكد أن علماء القرن السادس عشر وحتى علماء القرن السابع عشر ، قد تأثروا بالفكر الأغريقي وبالفكر المدرسي (سكولاستيك) الوسيطي وقد شكل قسم مهم من جهدهم اعادة كشف ودراسة أكثر وعياً لنصوص العصور القديمة والقرون الوسطى . وعلى كل ان الظروف الجديدة الناتجة عن اختراع المطبعة ، وكذلك حركة الفضول الواسعة التي سببتها الرحلات الاستكشافية الكبرى وتراخي الروابط التي تجمع العلم الى الفلسفة والى اللاهوت ، قد أدت الى نشأة عقلية جديدة هي في أساس العلم الحديث.

واذا كانت بعض الحقب ، كبدايات العهد الاسكندري ، قد عرفت ازدهاراً قوياً ، فان هذه القفزة قد ظلت محدودة دائماً في الزمن ولم تشمل مجمل المجالات العلمية . وبالمقابل فإن الجهد الجريء والمميّز لعلماء النهضة الأوروبيين ، قد جدد العقلية في مختلف قطاعات العلم ، وبذات الوقت دفع التقدم العلمي في حركة لا مرد لها اخذت تنتشر وتنمو وتتسارع عبر العصور التالية .

وتبرر الأصالة العميقة والأهمية التاريخية لهذه الحركة ، بآن واحد العدد الكبير من الاكتشافات المحققة ، كما تعزز المكانة التي منحناها لدراسة التطور العلمي الأوروبي خلال هذه القرون الثلاثة والنصف التي امتدت منذ تدهور الحضارة الوسيطية حتى نهاية عصر الأنوار . إن بعض الفصول المخصصة للحضارات خارج اوروبا تتيح لنا أن نحدد، بالمقارنة،تحجر وتدهور بعض العلوم التقليدية ، وبذات الوقت انتشار العلم الغربي الجديد بصورة تدريجية .

ان عزل هذا العلم الحديث عن العلم المعاصر في القرنين التاسع عشر والعشرين والذي سيكون

موضوع المجلد الثالث قد يبدو مصطنعاً ، وعلى كل يتوافق هذا الفصل ، المفروض علينا لأسباب مادية ، وعلى صعيد الأفكار والوقائع ، مع انشقاق واضح نوعاً ما . فبعد بزوغ عصر النهضة ، أخذ القرن السابع عشر يطرح مبادىء العلم الحديث ويحقق تقدماً ضخماً في مجالات العلم النظرية . أما القرن الثامن عشر فبعد أن أخذ يمد بصورة تدريجية هذا التجديد ليشمل مختلف فروع علم الفيزياء وبعض قطاعات علوم الحياة ، أخذ ، محفوزاً بإيمانٍ قوي بقيمة العلم ، يستثمر بصورة منهجية انجازات القرن السابق . وقد شهد القرن الثامن عشر ، وهو مقرون ، تبعاً للمجالات ، بجهد متعب أو بإنفتاح مجالات جديدة في البحث ، تبدلاً عميقاً في وجهة النظر ، فيما يتعلق بمعنى العلم وبدوره الاجتماعي .

إن تعميم المناهج الجديدة في التعليم والبحث، وتعدد المختبرات ، وظهور المجلات العلمية المتكاثرة باستمرار والمتخصصة ، وكذلك تطبيق الاكتشافات المتزايدة في كل المجالات ، كل ذلك اعتبر من العوامل الأساسية في هذا المنعطف الحاسم ، ان القرن التاسع عشر والقرن العشرين بعد معارضتهما المفهوم الجمالي المنطقي لدور العلم الذي كان مقبولاً بوجه عام حتى ذلك الحين ، استمرا في اعطاء الأهمية البالغة للبحث الجذري ، وشاهدا التقدم العلمي يصبح ، عن طريق التقنيات ، احد أهم العوامل الرئيسية في تطور البشرية .

ان اتساع المجال الذي يجب استكشافه ، والتقنية البالغة التي يجب تقديم نتائجها أو تفسيرها قد فرضتا ، في هذا الكتاب ، تدخل كتاب عديدين ومتخصصين ، والتجزئة النسبية التي نتجت عن ذلك ترتدي سمة مصطنعة ، فغالبية العلماء في هذه الحقبة قد اهتمت بمجالات متنوعة تبدو عند البحث بها ، ذات وشائج وثيقة وقوية ، من ذلك مثلاً ان دراسة اعمال وتأثيرات مفكرين وعلماء مثل نيكولاي دي كوى N. de Cues ، وليونارد دافنشي Léonard Devinci أو باراسلسParacelse أو غاليليه Galilée أو ديكارت Descartes أو نيوتن Newton أو ليبنز Leibniz ،توزعت بين عدة فصول بدلاً من أن تجمع في تركيبة شاملة ،ونعتقد على كل حال أن هذا الخطأ قد عوض في معظمه في الفصول المداخل ، وكذلك في الإحالاتالمتعددة التي تتيح ربط مختلف أوجه ذات العقيدة أو ذات الموضوع . ودون التنكر للاعتراضات على التقسيمات المعتمدة ـ وهي تقسيمات مدروسة سببهاالرغبة في مراعاة الفواصل الزمنية ، أكثر ما يمكن ، وكذلك الرغبة في اعتماد خطة تعكس ،بالنسبة الى كل حقبة مدروسة ، وبآن واحد ، بنياتنا الحديثة والإتجاهات العامة التي كانت للعلم في حينه .اننا نؤمن أن أية خطة أخرى سوف تلاقي انتقادات مماثلة ان لم تكن أقوى وأشد .وكذلك أيضاً من المستحيل أن تعكس لائحة المضامين مهما كانت موسعة ، كل تعقيدات التاريخ الحي .

وربما يكون من المفيد التذكير بأن هذه الدراسة تستبعد بآنٍ واحدٍ تاريخ العلوم الإنسانية وكذلك تاريخ التقنيات ، ومن جراء هذا ، لا تعالج في هذا الكتاب الزراعة والصناعة الكيميائية ، والصناعة النسيجية ، والتعدين ، وفن المناجم ، وتقنية البناء ، والميكانيك التطبيقي ، والحساب الميكانيكي ، وعلم الخرائط والطوبوغرافيا والميترورولوجيا الخ . واذا كنا قد أشرنا إلى العلاقات العديدة

بين تطور العلوم الخالصة وتقدم التقنيات فقد استطعنا بفضل نشر مؤلفات موازية وتكميلية في التاريخ العام للتقنيات ، ان نخفض هذه البحوث الى ما هو ضروري ، ولا يشكل ادراجنا تاريخ الطب ضمن برنامجنا خروجاً عن هذه القاعدة ، إذا كان الطب ، في موضوعه ، يعني العناية بالبشر ، فإن نموه مرتبط تماماً بنمو البيولوجيا فلا ينفصم عنها .

ونـذكر أيضاً بان وجود سبعة مؤلفات في « تاريخ الحضارة العام » قد أتاح لنا ان نختصر في وصف الإطار السياسي والفلسفي والإقتصادي والإجتماعي . إن تحليل المراحل الاساسية لتطور العلوم قد أفاد من البحوث غير الموسعة . والتقسيمات التاريخية التي قمنا بها والتي بدت ضرورية لتوضيح العرض يجب أن لا تؤخذ على أنها إخلال أو اهمال . فاختيارها قد تم ودرس دراسة خاصة في كل مجال . والأساس في عملنا التوفيقي والتنسيقي قد توجه نحو إقامة استمرارية نسبية .

* * *

ان هذا المؤلف ، مثل المجلد السابق هو حصيلة التعاون الوثيق المخلص بين عدة مؤلفين ارتضوا عن قناعة الخضوع لانتظام اقتضاه انجاز هذا العمل . ونتوجه بالشكر المخلص اليهم والى كل المتعاونين المتطوّعين الذين ساعدونا بنصائحهم أو الذين شاركوا في عملية المراجعة .

والطبعة الثانية من هذا المؤلف قد روجعت وقُوِّمت من قبل مختلف المؤلفين . كما عدلت فصول كثيرة ووسعت في بعض الأجزاء .

هكذا وبصورة خاصة فقد وسِّعت دراسة علوم الحياة في مختلف الحقب وأعيد ترتيبها . وقد استفدنا في هذه المراجعة ، ومن اجل كتابة الفصول الاضافية من معونة عشرةٍ من المؤلفين الجدد نشكرهم على معونتهم الغالية وقد استفدنا أيضاً من التجربة التي حصلنا عليها عند انجاز المجلدات الأخرى ومن آراء واضعي التقارير المعلقين . ومن القراء النابهين .

وهنالك عناية خاصة أوليناها للملحقات المستندية التي تسهل استعمال مثل هذا الكتاب وعلى هذا فقد روجعت الفهارس الدلائل بعناية واستكملت كما أن مراجع الكتب قد روجعت وزيدت ورتبت بشكل منهجي خالص .

رينيه تاتون

القسم الأول :

النهضة

ان المقتطفات التي ادخلناها من اجل تحديد هذا القسم الأول ترتدي جزئياً طابعاً اصطناعياً . ان عبارة « النهضة » قد توقع في الوهم كما تستدعي الانتقاد أمّا حدود هذه الحقبة فمعناها نسبي خالص .

ومع ذلك لا يمكن الإنكار ان القرن ونصف القرن الذي يفصل مدرسيي بداية القرن الخامس عشر من أوائل الممثلين الحقيقيين لعلم القرن السابع عشر : فيات Viète ، جيلبرت Gilbert ، غاليليه Galilée ، كبلر Kepler ، باكون Bacon وهارفي Harvey ، يشكلون حقبة خصبة وضرورية من أجل صياغة العلم الحديث . لا شك أن كلمة « النهضة » يجب أن لا تؤخذ في معنىً مطلق خالص . والتركيز على نجاح حركة الأنسنة ، وعلى دور المطبعة ، وعلى استعادة المصادر القديمة ، وأخيراً على دراسة « الطبيعة » بشكل مباشر قريب ، يجب أن لا ينسي مصادر التقدم الأخرى أو الجمود ، وضخامة وقع الاكتشافات الكبرى ، والنهضة الحية لأشباه العلوم ، وغنى وغموض التركة الوسيطية ، والاهتمامات التقنية ونتائج « الاصلاح الديني » الخصبة أو العقيمة . بعد هذه التحفظات ، تبدو هذه الحقبة بأن معاً غنية وآسرة ، في انتاجها الوافر الذي يمزج التجديدات الأكثر خصباً بالتطورات الأقل عقلانية ، إن النهضة ما تزال حقبة انجراف وراء الحركة الموسوعية . ولهذا فالتقسيمات التي اضطررنا الى إدخالها على مختلف العلوم ، لا تجد لها مبررات رئيسية ، في غالب الأحيان ، إلا في تسهيل العرض باستخراج الخطوط الكبرى للتقدم ، إنطلاقاً من واقع مبهم غالباً .

علوم عصر النهضة

لقد ولى الزمن الذي كان فيه المؤرخون يعتبرون القرن السادس عشر وكأنه اللحظة التي عملت «نهضة الآداب» فيها على تخليص « الغرب » من « ظلمات » القرون الوسطى . ولكن المؤرخ - وان تخلص من هذه الرؤيا المانوية وان اصبح أكثر احساساً باستمرارية التاريخ الفكري وبأضواء القرون الوسطى وبظلال عصر النهضة - يبدو متعباً في استخلاص تيارات القوى، والاتجاهات الكبرى

في الفكر المعقد الكثير الأشكال السائدة في حقبة كان فيها كل شيء ممكناً ، وحيث تبدو الفوضى هي القاعدة ، واللاانتظام هو شرط التقدم .

وخرجت أوروبا من القرون الوسطى مثخنة مثقلة بحروب ايطاليا وبحرب الثلاثين سنة ، وبالمواجهة بين الدول التي اكتشفت ذاتها ، عبر تفتت المسيحية والصراعات الاجتماعية والدينية . والأمر الملحوظ ، أنها وعت ذلك . واعطتها العودة الى الكتّاب القدامى الشعور انها اتصلت ، بقفزة واحدة ، بأعلى درجة من درجات الثقافة التي وصل اليها الغرب . واقنعها اكتشاف العالم الجديد ، واختراع المطبعة وبارود المدافع ، وامتلاك الحقيقة الانجيلية انها قد تقدمت وتفوقت على هؤلاء المعلمين الذين نالوا اعجابها . وفي منتصف القرن السادس عشر اصبح بالامكان الكلام عن « نهضة » منتصرة عرفت كيف تخلف للاجيال اللاحقة الصورة التي اعطتها عن ذاتها .

الارث الوسيطي : ولكن هذه النهضة مدينة بالكثير للقرون الوسطى التي تحتقر ، وبصورة خاصة تجهيزها الفكري . ان الجامعات الأوروبية كانت ما تزال صغيرة ، في معظمها . والكثير منها لم يكن قد بلغ المئة سنة في الوجود ، في فجر القرن السادس عشر ، حين سارع الأمراء البروتستانت في المانيا الى تأسيس جامعات جديدة : لا شك أنهم لم يعتبروا النظام متعباً وعتيقاً بالشكل الذي قال عنه لوثر Luther . أن التلامذة في القرن 16 أخذوا عادة السفر للاستماع الى المعلمين المشهورين عن تراث القرون الوسطى . ومن هؤلاء المعلمين غسنر Gesner في مونبليه وباراسلس Paracelse في فراري ، وفيزالVésale في باريس ، وكوبرنيك Copernic في بولونيا وغيرهم الكثير حتى مطلع القرن السابع عشر .

لا شك أنه كان لا بدّ من تحولات : كان لا بد من رفع رواتب وكرامة معلمي علم البيان ، كما في المانيا وايطاليا ، وإيجاد فرع لعلم الفلك وفرع للرياضيات ، وتعيين معيدين ملكيين لجامعة باريس القديمة العتيقة ، وفي نفس هذه الكليات الباريسية التي حفظ عنها اراسم Erasme ذكرى سيئة جداً ، استطاع فرنل Fernel ، بعد عدة سنوات أن يلتقي ماتورين كورديير Mathurin Cordiere أو اينياس دي لوايولا Ignace de Voyola . واليها جاء فيزال Vésale يستمع الى جساك دوبوا سيلفوس Jacaues Dubois - Sylvius ، قبل أن يذهب بنفسه ليعلم في بادو كغيره من الأطباء الكبار في عصره ، الذين كانوا يعلمون في جامعات اخرى . وعلم القرن السابع عشر هو الذي تخلى ، وليس في كل اوروبا أيضاً ، عن النظام الجامعي الموروث عن القرون الوسطى ، لا علم « النهضة » . أما العلم غير الجامعي ، علم « الفنانين » والمهندسين والمهندسين المائيين (هيدروغراف) ومهندسي العمارة ، فلم ينتظر القرن السادس عشر لينمو وليستفيد من حماية ورعاية الأمراء . وطيلة القرن الخامس عشر ألف تكاثر المشاريع المدنية والعسكرية الكبرى ، وكذلك نشر المعالجات المتخصصة ، الأفكار مع هذه الآلات المبتكرة التي حلم بها ليونارد دافنشي Léonard de Vinci منذ مدة طويلة ، ومن الثابت ان اختراع المطبعة الذي ساهم بدون شك في الانتشار السريع للفكر الجديد ، لم يلعب أي دور في ظهوره . ان المؤلفات

الكبرى في العلم الوسيطي هي التي خرجت الأولى من المطابع : اسفار (سفاييرا Sphaera) ساكروبوسكو Sacrobosco (النصف الأول من القرن الثالث عشر) طبعت في فراري سنة 1472 واعيد طبعها عدة مرات ، أناتوميا Anatomie (علم التشريح) مونديتو دي لوزي Mondino dei Luzzi (ظهر سنة 1316) وأعيد طبعه سبع مرات قبل سنة 1500 ، القانون لابن سينا Canon d'Avicenne (ت 1037) و « شذرات الذهب » (أو بيسكول Opuscules) للرازي Rhazés (ت 924) ، وكل منها طبع أربع عشرة طبعة قبل نهاية القرن الخامس عشر .

ويبدو من الصعب ان نعزو الى سقوط القسطنطينية ، والى مجيء العلماء والمخطوطات اليونانية الى إيطاليا ، تلك الأهمية الحاسمة التي ظلت لمدة طويلة تنسب اليها . فقد كان بترارك Pétrarque المتوفى سنة 1374 ، يدعو دائماً للعودة الى البيان الشيشروني ، ومنذ 1396 كان مانويل كريزولورا ManuelChrysoloras يعلم الأغريقية الكلاسيكية في فلورنسا ، وظهرت التيارات الكبرى النهضوية ، أي التي عملت الى حد بعيد على تحديد طبيعة النشاط العلمي في القرن السادس عشر ، بصورة تدريجية في القرن الرابع عشر والخامس عشر ، انها ثمرة تطور بطيء في المجتمع وفي الفكر الوسيطي ، وليست نتيجة حدث تاريخي مفاجىء .

من العقلانية الى الفردانية :

ابتداء من القرن الثالث عشر على الأقل ، تجسدت الفلسفة في أعمال « ارسطو » ، الذي ظل لمدة خمسة قرون ، سيد الفكر في أوروبا الغربية ولكن امارة فيلسوف وثني على الفكر المسيحي لم تمرّ بدون مصاعب خطيرة ، ظهرت عقب القرن الرابع عشر ، صبيحة التركيب الكبير الذي حاول أن يقوم به القديس توما الأكويني Thomas d'Aquin ، الذي قرىء بحماس اكبر واكثر من « ارسطو » وذلك في ضوء تأويلات ابن رشد Averroès . وتظللت الرشدية بعد الحكم عليها سنة 1270 ، بنظرية « الحقيقة المزدوجة » التي تفصل جذرياً الفلسفة عن « الوحي » . واستخدمت على الأقل لتمدد لأرسطية دقيقة نوعاً ما ، رغم ما فيها من الميل نحو التجسيد ، حتى القرن السابع عشر بواسطة بومبونازي Pomponazzi ومدرسة بادو Padoue . وتشهد أعمال فرنل Fernelوسيزالبينو Cesalpino ، وفابريكيو داكوابندنتي Fabricio d'Acquapondente ، فيما يتعلق بالفيزيولوجيا البشرية والحيوانية والنباتية ، بهذا التأثير الدائم للعقلانية الأرسطية على مدى القرن السادس عشر ولكن رفض العلم الحديث من قبل سيزار كريمونيني Cesare Cremonini وهو آخر ممثل لمدرسة بادو Padoue ، والمتوفى سنة 1631 ، والذي كان مع ذلك صديقاً لغاليلي Galilée ، هذا الرفض يدل على أن الأرسطية لم تؤدّي إلى أي مكان .

واذا كانت الرشدية قد استمرت ، فقد لاقت شجباً متكرراً وانتقاصاً دائماً ، سرعان ما أصابا مجمل العقلانية الأرسطية . وقام أوكهام Ockham ينادي ، ضد المعرفة الشاملة والعقلانية التي تنادي بها الأرسطية ، بفكرة المعرفة الاستقرائية الحديثة والتجريبية للواقعة الفردية ذات الوجود الحقيقي

الوحيد ، وذلك منذ بداية القرن الرابع عشر . هذه المواقف ساعدت على نمو علم قائم على ملاحظة الأشياء لا على التحليل العقلي المسبق . كما كانت ترضي أيضاً الكثير من علماء الدين المدرسيين الذين أخافتهم رؤية الايمان المسيحي يصبح فريسة المناطقة المدرسيين . ومنذ فجر القرن الرابع عشر فتح المعلم اكهارت Maître Eckhart سلسلة الصوفيين الكبيرة الذين سوف يتتالون طيلة أربعة قرون ، في رينانيا والفلندر وأسبانيا وفرنسا ، هذه السلسلة التي عادت الى القول بالاتحاد المباشر بين النفس والله ، وبذات الوقت بالمواضيع الكبرى التي تطرحها المسيحية المطعمة بالافلاطونية الحديثة . ويعتبر توماس كمبيس Thomas a Kempis ، مؤلف محتمل لكتاب « على درب يسوع المسيح » ، بوضوح عن احتقاره لخصومات المدارس . أما بيترارك Pétrarque ، فدون أن يرتفع الى هذه الذرى ، لعن الجدليين الآتين من الشمال أي من جامعة باريس . وفرح بيترارك Pétrarque بملاقاة القديس اوغسطين Augustin كمعلم بليغ وكمرشد روحي . فمن أجل الخلاص ، المهموحده، بدلاً من أن يكون المرء واقعياً او اسمانياً (حروفياً) ، عليه أن يكون قارئاً «للأباء» وللإنجيل وأيضاً لشيشرون أو سينيك Cicérou ou Sénèque . فمن كوليشو سالوتاتي Coluccio Salutati (ت 1406) حتى مارسيل فيسين Marsile Ficin (ولد سنة 1433) ، سادت الرغبة في حياة حكيمة ومسيحية بعيدة عن النزاعات البربرية عند المدرسيين ، ومؤدية الى الأخلاقيين ولحكماء العصور القديمة . ولكن هذا الأمر طرح مسائل أخرى لأن فيرجيل او شيشرون Virgile , Cicéron لم يكونا مسيحيين أكثر من « ارسطو » .

والشيء الواضح وراء كل هذا التطور هو التقدم في مجال الرؤية الفردانية في العالم . وأخذ شعور الإنسان يتناقص من جهة عضويته اللازبة بالجماعة ، في حين أخذ شعوره يزداد بفرديته تجاه الله وتجاه الطبيعة . وفي سنة 1336 حدد البابا بينوا Benoit الثاني عشر الحساب الخاص المكتوب على كل نفس أن تواجهه بمفردها عند الموت . وقد ظل مجمع فلورنسا حتى سنة 1438 يناقش هذا الأمر ايضاً . وأصبح الخلاص الشخصي هو اهم الشاغل عند الانسان المؤمن .

وأصبحت التجربة الشخصية للإيمان ، وحتى الوجد الصوفي ، والتأمل الذاتي للنصوص ، أكثر أهمية من سلطان العقل الطبيعي في مواجهة سر التثليث . وما هو حق في الحياة الدينية اصبح صائباً في الحياة المدنية . ولم يعد التفكير التجريدي حول الأنواع والأجناس له وزن كبير أمام التجربة المباشرة والفردية للاشياء : « يجب ان نعيش الحياة والعالم كما يجب أن نعيش ايماننا » . وحاولت العقلانية التجريدية ان تجمع الأفكار في حقيقة شاملة كونية ، وميزت الفردانية التجربة الذاتية ، والالهام المباشر وغير القابل للاعلان عنه ، واللقاء المباشر مع الواقع المحدد . وسرعان ما تم تفضيل الإحساس والعمل على المعرفة العقلانية ، وتوسع الفرد على البحث الجماعي عن الحقيقة ، وسوف تزدهر هذه الفردانية الكاملة في الفكر النهضوي تدعمها الظروف التاريخية والاقتصادية والسياسية .

عزلة العالم : ربما يبدو لنا علماء عصر النهضة الكبار ، بفضل معرفتنا لهم أكثر من معرفة زملائهم بهم ، شخصيات أقوى وأكثر حسماً ، لدرجة الغطاظة احياناً . لا شك أن علماء القرون الوسطى لم يكونوا معتكفين في جامعاتهم

أو في أديرتهم ، اذ كان فيهم بعض الجوالين المشهورين . ان امثال كورنيلوس آغريبا Cornelius Agrippa وجيوردانوبرينوGiordano Bruno ، مروراً بفزال Vésale وبارسيلس Paracelse أو كاردان Cardan وغيرهم الكثير كانوا علماء جوالين ، لا يستطيعون الاستقرار ، ولا الثبات،يحتقرون كل شيء ، ومستعدّين لمخاصمة ملك أو مدينة أو كلية أو امير اسقف ، كما كانوا دائماً متحفزين للذهاب اينما كان . وانتهى الأمر بالثابتين المستقرين الى الخضوع للإكراه أو للإغراء : ان تيكوبراهي Tycho Brahé انتقل من بلاط ملك الدانمرك الى بلاط الأمبراطور ، اما ليونارد دافنشي Leonard de Vinci فقد جاء ليموت في امبواز . ولكن العالم وان لاذ في وطنه ، كما فعل كوبرنيك Copernic ، لكي يعيش فيه عيشة مغمورة ، فان عالم عصر النهضة كان رجلاً وحيداً ، قد يكون له حماة ومعجبون وتلامذة ايضاً ، ولكنه لا ينتمي الى طائفة لا سياسية ولا فكرية . انه لا يشكل مدرسة ، ونظراؤه في اغلب الأحيان هم منافسون أو خصوم . ان عدم استقرار حياته يتلاءم مع هجومية فكره الذي يرى في المناظرة الأسلوب الطبيعي للحديث ، والشتيمة هي الحجة العفوية الأكثر بداهة ، ولكن الهجومية فيه هي دليل عزلته ، أكثر مما هي سمة اخلاقية طبيعية عنده .

ولكن العلوم قلّما اتكلت على انحياز اكثر ملاءمة او على حماة اكثر حماساً . فقد تكاثرت عبر أوروبا المراكز المنفتحة على الحياة الفكرية الجديدة . واحب الملوك أن يحيطوا انفسهم بالعلماء وبالموسوعيين ، ومولوا طباعة الكتب الفخمة ، وأمروا بصنع الأدوات وبتجميع المكتبات . وكانت الجامعات تفتح في أغلب الأحيان أبوابها للعلوم الجديدة وللأساليب الجديدة ، وأنشأت كراسي ومنابر ، ومجموعات التاريخ الطبيعي وجنائن للدراسة النباتية . ومكنت المطبعة جمهوراً أكبر من التثقف بالثقافة العلمية . أن عالم القرن السادس عشر لم يكن يحق له الشكوى من التجاهل ومن الاحتقار .

ولكن مغامرة المعرفة هي ، اكثر من أي شيء ، مغامرة منفردة كمغامرة الخلاص ، والانسان ينغمس فيها بكليته . ويرى باراسلس Paracelse وڤان هلمونت Van Helmont انها مغامرة واحدة ذاتية . وان معرفة العالم لا تتم بدون صفاء القلب . ولكن غالبية العلماء ، وان لم يصلوا الى هذا الحد ، ينتهجون طريقهم الخاص . فقد وضع ليونارد Léonard ملاحظاته في دفاتر سرية وحماها بكتابة معكوسة ورفض تارتغليا Tartaglia الإفصاح ، أمام كاردان Cardan ، عن اسلوبه في حل معادلة من الدرجة الثالثة . وقام فيزال Vésale وحده وحتى النهاية بمشروع « لافابريكا La Fabrica » الضخم . والى فرنيل Fernel على نفسه ان يحقق وحيداً استخلاص طب عصره اما تيكو براهي Tycho Brahé فانكر ان يكون مديناً بشيء لكوبرنيك Copernic ،وأما جاليليه Galilée ، فاراد أن يتجاهل كبلر Kepler الذي اضطر الى انتظار وفاة تيكوبراهي Tycho Brahé للحصول على المعلومات التي كان يطلبها منه . ولا يفسر الحسد والغرور وحب الكتمان كل شيء في تصرفات العلماء . المهم في الأمر أن العالم في القرن السادس عشر لم يكن أمامه ، ولم يكن يريد أن يكون أمامه ، إلا الطبيعة ، وإلا الكمية الضخمة من الوقائع ، على تنوعها الكثير . وقد رفض أن يعترف لأي شخص آخر ، بأن يفسرها مكانه . وقد اعتقد أن لا أحد قبله قد فسرها على حقيقتها . ولم ينطلق أبداً مما

تم الإجماع على صحته ، كي يتقدم بالعلم ، إذ لا شيء ـ باستثناء بعض المجالات النادرة ـ قد تمّ الإجماع على قبوله . إليه وحده يعود أمر بناء العمارة الكاملة للمعرفة ، مباشرة ، انطلاقاً من مجمل الأحداث . انه الوحيد المسؤول الكامل عن كل شيء ومن يهاجمه في أمر تفصيلي يحطم كل عمله ويصبح عدوه .

ولم تؤثر كتلة العلم القديم في قناعته . أولاً لأنه لم يطلب من القدماء ، في أغلب الأحيان ، إلا تقديم الوقائع . ويعتبر بلين Pline ، يدعمه عند الضرورة البير الكبير Albert le Grand أو فانسان بوفيه Vincent de Beauvais مرجعاً لا ينضب بهذا الشأن . فالحدث المقروء في كتاب له نفس القيمة التي للحدث المراقب على الطبيعة . والرأي المقروء في كتاب ، يصبح هو أيضاً واقعة ، ويكون من الشرعي استخراجه من اطاره واستعماله بحرية تامة . ويتيح الفن الخاص ، فن المذكرات ـ القائم في الواقع على القيمة المطلقة المعطاة للكلمة ـ الاستشهاد بمؤلف مع اهمال فكره ، لبناء « علم مسيحي » مثلاً مبني على « التوافق الكامل » بين أبقراط Hippocrate وغاليان[1] Galien أو أفلاطون Platon وأرسطو Aristote او موسى Moise وهرمز تريسميجيست Hermes Trismégiste . وأخيراً قلما اعتبر الفكر الأرسطي كعقيدة أكثر مما هو التعبير الأكثر قرباً من الطبيعة عن الحقيقة لأنه كان في ذلك الحين يتحكم في رؤية العالم ، الى درجة أن أولئك الذين يتنكرون مثل باراسلس Paracelse لمنطق « ارسطو »، لم يتوصلوا الى تفادي العالم الأرسطي تماماً . أن عالِمْ القرن السادس عشر في اللحظة التي ينوء فيها تحت ثقل الأفكار المجلوبة ، والمصنَّفة بحماس ، هذا العَالِم كان مقتنعاً أنه يواجه الطبيعة . بحرية وبقوة عبقريته فقط .

علم اجمالي شامل : الطبيعة بكليتها ، إذ لا علم بدون الكلية . ان كل جزء من الكون يتجاوب مع الأجزاء الأخرى ، وكل حدث طبيعي يستثير السبب الأول . عندما قدم جان بودان Jean Bodin تصنيفاً للحيوانات بدأ هكذا :

- الحيوان
  - ذكي
    - سماوي
      - مرئي (النجوم التائهة والثابتة)
      - غير مرئي (ملائكة السماء والسماوات)
    - تحت القمر
      - مرئي (الانسان)
      - غير مرئي (النفوس بعد فناء الأجساد البشرية . ملائكة عالم تحت القمر ذات طبيعتين)
  - غير ذكي
    - ارضي
      - من غير دم
      - ذو دم
    - سابح
      - طائر في الفضاء
      - سابح في الماء

والميل ، الغالياني ربما ، الى التقسيم المسرف كما يبدو عند فرنل Fernel أو فابريكيو داكوا بندنتي Fabricio D'Acquapendente يتناول دائماً مادة منسجمة

---

(1) غاليان أو غالينوس .

وفكـرة الانسـان الكـون الصغـير ، المتصـل مـع كلّية الكـون تعبّـر عـن ذات القنـاعـة . ولا يـوجـد فـرق ، أو عـلى الأقـل مسـافـة لا يمكن تجـاوزهـا بـين الـطبيعـة ،فـوق الـطبيعـة . ان الله لم يكـن خـارج الكـون :إنـه يـقـذف فيـه بـاستـمـرار قـوى عـظمـى بـواسـطة الكواكب. ولم يكن علم النجوم يوماً بمثل هذه المشروعية ولا بقدر هذه الممارسة .وليس من المستحيل ان يكون هذا الشعور العميق بوحدة الخلق قد ساعد على بطلان التمييز الأرسطي بين عالم السماء وعالم ما تحت القمر ، بطلان كان تعذّر بدونه وجود الثورة الفلكية .في نظر كوبرنيك Copernic ، بدون شك ، وبالتأكيد في نظر كبلر Kepler ان الحاجة الى وضع الله في وسط الخلق هي التي حملت عـلى وضع الشمس ، هـذه الصـورة الآهيـة ، في وسط الكون . والعلم يجب أن يكـون شمولياً ، لأن كل شيء قائم في الخلق ، ويجب أن يكون عملاً فـرديـاً ، لأن عليـه (على العلم) أن يكتشف «مفتاح » الخلق . مما يعني ان العلم ، كما نفهمه ، لا وجود له . ولا توجد كلمة للتدليل على هذا العلم في خصوصيته التي نعهده بها. ان التاريخ والتيولوجيا والفيلولوجيا هي عناصر في العلم الكوني .

والعلم ان لم يكن كـونياً فهـو يسعى لأن يكون مـوسوعيـاً . كلنا نعـرف البرنـامج الـذي أعـده غارغانتوا Gargantua لابنه بـانتاغـرويل Pantagruel . ولا تتجـاوز ببليوتيكـا يونيفـر ساليس Bib-liothéca universalis التي وضعهـا غيسنر Gesner وكتب الـدروفانـدي Aldrovandi طمـوحـات العلم . ويجب أن يقال كل شيء عن كل شيء وكل شيء موضوع عـلى بساط البحث ، إذ كـل شيء له منفعة وكل شيء يرضي فضول العلمـاء المـوسـوعيين السـاعين وراء الأحداث . إن التحليل بالمماثلة الذي يستعمله باراسلس Paracelse باستمرار يمارس عمله براحـة تامـة في عالم حيث كـل شيء قابـل للمقارنة رغم أن كل شيء وكل كائن له ذاتيتـه وله فـرديته . عـالم يكون فيـه المنطق غـير مفيد والعقـل مضراً ، لأن العلم ، لكونه يميز ويفصل الانسان عن الطبيعة ، فهو يخلق مسافـة بين العـالم وموضـوعه ويمنع الالهام والانسجام اللذين يدعمان المعرفة وحدهما ـ الهام شامل للكـون والهام مبـاشر بالمـوضوع هـما الوسيلة والهدف من هذا العلم المغاير للثقافـة وبالضرورة الفرداني وغير القابل للإفشاء لأن «الأصفياء» وحدهم يقدرون عليه .

وعلم النهضة في عنوانه النقي تولد عن ثورة ضد الحركة الفكرية الأرسطية . فقد غزا العصور القديمة ليفتش عن شيء يصحح به «ارسطو » أو يعارضه : أن بطليموس Ptolémée ، اللاارسطي ، لم يعرف تماماً الا عندما قام كوبرنيك Copernic بدحض أرائه ، باسم الفلكيين الفيثاغوريين . وقد اغتـذى علم عصر النهضة بصـورة خاصـة من فيثـاغـور Pythagore ومن افـلاطـون Platon ومن الأفلاطونية الجديـدة ، ومن الغنوصيـة ومن القبّالـة [التصوف اليهـودي] ، وجميعهم قد اعيـد طبع كتبهم وتـرجموا منـذ النصف الثاني من القـرن الخامس عشر ودرسـوا بـاستمـرار : من مـارسيـل فيسـان Marsile Ficin حتى جـان بودان Jean Bodin . ولكن هـذه الثورة ضـد أرسطو قـد نمت في مجتمع تعلم كيف يفكـر وفـقـاً « لأرسـطو » ويعيش في عـالم ارسطو . واذا كـانت الأرسطيـة قد تعـرضت لهجمـات بعض

المجددين فانها قد تقوضت من الداخل ببطء. وانه لمنظر عجيب منظر هؤلاء العلماء الأرسطويين الذين اعتقدوا بأنهم ما يزالون مخلصين لمعلمهم، وانهم يتكلمون لغته في حين انهم يهدمون بصورة تدريجية تماسك فكر لم يعودوا يفهمونه .

وقلما فقد علم عصر النهضة الاهتمام بما هو نافع، أي الاهتمام بالعمل حتى في أعلى تأملاته الصوفية . وهو بهذا ايضاً أمين للثورة المعادية للفكر والتي كانت سبب وجوده . وقد استخدم تعداد المخلوقات الذي قام به علماء الطبيعة من اجل تشكيل مجموعة طبية شاملة . أما الإستقراء العميق الذي أوصى به باراسلس Paracelse فقد كشف عن الفضيلة الطبية في الكائنات ، واراد الخيميائي أن يعيد في مختبره العمليات الطبيعية الغامضة ، في الوقت الذي كان يؤكد فيه ان هذه العمليات مستعصية على العقل . وقد ساعد حب الملموس على نبذ نظام «بطليموس» أما حب العمل المباشر فقد كان هو الموجه لنشاطات كل المهندسين العمليين الذين كانوا يهتمون قليلا بارسطو ، ويهتمون كثيراً بالميكانيك المفيد لهم . وظل ليونارد دافنشي Leonard de Vinci أشهر هؤلاء المهندسين ، ولكن ربما كان من الأهم ان نشير ان اثنين على الأقل من الرياضيين الكبار في القرن السادس عشر ، وهما بومبالي Bombelli وستيفن Stevin خرجا من صفوف هؤلاء المهندسين . وهنا ، وربما في هذا المجال فقط ، استخدم المحدثون العلم القديم كأساس وكنقطة انطلاق : فقد وجد إقليدس Euc-lide وديوفانت Diophante وخاصة ارخميدس Archimède ، خلفاءهم الحقيقيين في القرن السادس عشر.

ولكن كان من السابق لأوانه يومئذ أن تستطيع الرياضيات أحلال عقلانية جديدة محل عقلانية ارسطو . في حين أن المظاهر الصوفية لعلم القرن السادس عشر أدت الى رؤية للطبيعة غير عقلانية . أما ميله الى الملاحظة غير العقلانية ، والى الحدث الملموس والى التطبيق العملي فقد ضايق الجهد التجريدي اللازم لكل علم . ومواقف راموس Ramus خير دليل اولي على هذا . وأخيراً بدا عصر النهضة ، بعد أن ساعد جداً في تدمير النظام القديم وفي اغناء العلم بجملة من المعارف التفصيلية ، عاجزاً عن إيجاد نظام جديد ، وجرَّ أوروبا إلى أزمة من أخطر أزماتها الفكرية في حياتها

إن البقية الباقية والمتينة يومئذٍ هي الرسالة القديمة عن العلم الفيثاغوري التي أعطاها غاليلي Galilée معنى جديداً : ان الطبيعة قد كتبت بلغة الرياضيات .

الكتاب الأول :

العلوم الحقة أو المحضة

تنقسم معالجتنا للعلوم الحقة في عصر النهضة الى ثلاثة أقسام : الرياضيات ، علم الفلك ، علم الفيزياء أو الميكانيك ، الذي لا يمكن أن يصنف في تلك الحقبة بين العلوم الحقة الا استباقاً .

وهذا التقسيم مصطنع حتماً : فعلم الفلك مرتبط ، بكل تأكيد بالرياضيات ـ وبالفيزياء أيضاً والأسماء نفسها تبرز في أغلب الأحيان في أكثر من فقرة إلا أن هذا التقسيم كان مناسباً عدا عن أنّه يمكننا من اكتشاف نوع من التسلسل ، ونوع من المنطق الداخلي في تفاعلية تاريخية تبدو وكأنها غير محفوزة ان لم نتناولها بهذا التقسيم .

وبالفعل ان تأثير العوامل الخارجية الذي يشير اليه المؤرخون أحياناً هو تأثير وهمي خالص . هكذا فإنّ ظهور المدفع لم يتسبب بولادة علم الديناميك الجديد : بل بالعكس أن تجربة المصنّعين هي الصخرة التي تكسر عندها جهد ليونارد دافنشي Leonard de Vinci وتارتغليا Tartaglia وبنيدتي Benedetti . والاحتياج الى الملاحة والحساب الكهنوتي وعلم النجوم كان يمكن ، بل كان من الواجب ، أن يحفز لبذل جهود تصحيحية في الجداول الفلكية ـ وهو أمر لم يحصل ـ وهذا الاحتياج لم يدفع كوبرنيك Copernic إلى قلب نظام الدوائر الفلكية وإلى وضع الشمس في مركز الكون . ومقتضيات التجارة ، واتساع المبادلات والعلاقات المصرفية عملت بكل تأكيد على نشر المعارف الرياضية الأولية وكذلك على نشر المحاسبة . ولكنها لا يمكن ان تفسر التقدم العظيم الذي احرزه علماء الجبر الايطاليين في النصف الأول من القرن السادس عشر ، ولا الجهد المبذول من اجل « ترميز » العمليات الحسابية والجبرية التي قام بها بصبر «كوسيُّو» (Cossistes) البلدان التي تتكلم الألمانية .

وبالمقابل تبدو الحلقات الثلاث من الأحداث المكونة لتطور الرياضيات وعلم الفلك والفيزياء ـ إذا نظر اليها بمفردها ـ وكأنها مفهومة ، وان لم تبد مشروحة ومفسرة ـ اذ من العبث محاولة تفسير الإختراع أو الإكتشاف . ان تاريخ الفكر العلمي لا يرضى بأقل من هذا ولا يطلب أكثر من هذا .

الفصل الأول :
الرياضيات

I ـ يقظة الدراسات الرياضية

في مجال الرياضيات ، أكمل النصف الثاني من القرن الخامس عشر الحركة التي كانت تملأ النصف الأول ـ وهي حركة استيعاب كاملة للعلم الوسيطي والعربي من قبل علماء ذلك العصر . وقد اقترنت هذه الحركة بالعودة الى المصادر الأغريقية ، ثم بانتشار هذا العلم الرياضي ، بشكل متزايد في طبقات من الجماهير كانت تتسع أكثر فأكثر .

وقد ساعدت بعض الأحداث على تسريع هذه الحركة : منها سقوط القسطنطينية ، الذي قذف الى ايطاليا بجمهور من العلماء وبكميات من المخطوطات البيزنطية ، واختراع الكتاب الذي أدى الى انتشار النصوص بشكل واسع . لا شك أن الكتب الأولى المطبوعة كانت قليلة الاهتمام بالرياضيات ، والكثير من المؤلفات الموضوعة في منتصف القرن الخامس عشر مثل غالبية كتب نقولا دي كوي Nico-las de Cues وبورباخ Peurbach ثم ريجيومونتانوس Regiomontanus ، لم يطبع الا بعد ذلك بكثير . بل أن بعض الكتب لم تطبع على الاطلاق مثل كتب شوكيه Chuquet وكتب بيرو فرنسيسكا Piero della Francesca ، وعلى كل ظهر سفر (سفارا) جون ساكرو بوسكو Jean de Sacro-bosco, Sphaera في فراري سنة 1472 ، وتبعه من قرب ، كتاب بورباخ Peurbach المسمى « النظرية الجديدة في الكوكب » (تيوريكا نوفا بلانتاروم) Theoricae Novae Planetarum (نورمبورغ) Nuremberg 1472 . لا شك أن المربعات «الكوادري بارتيتوم» «Quadripartitum» التنجيمية التي وضعها بطليموس Ptolémée ظهرت سنة 1484 و1493 (في البندقية) أما المجسطي Almageste فلم يُعَدْ طبعه الا سنة 1515 باللاتينية (في البندقية) ، وفي سنة 1538 باليونانيّة -(في بال) . ولكن «عناصر» (اقليدس Euclide ، بخط كامبانوس (Campanus) طبعت سنة 1482 في البندقية من قبل ارهارد راتدولت Erhard Radolt . وهكذا لم يُنْتس الرياضيون الوسيطيون . واذا كان ليونارد دي بيز Leonard de Pise قد ظل بدون ان تنشر كتبه حتى القرن التاسع عشر ، وليفي بن جرسون Levi ben Gerson حتى أيامنا هذه فان بعض كتب برادواردين Bradwardine وكتب جوردان نيموراريوس Jordanus Nemorarius وحتى كتب نيقول أور سم

Nicole Oresme قد طبعت (من ذلك حساب جوردان Jordanus سنة 1496 و 1503 ، الخ وكتب برادواردين Bradwardine سنة 1495 الخ . والجيوماتيريا النظرية لهذا الأخير طبعت سنة 1495 . أما « لاتيتودين فورماروم Latitudine Formarum » لاورسم Oresme فطبعت سنة 1482 و 1486) وهناك كتب حديثة ظهرت أيضاً . وفي سنة 1478 ظهر في ترفيز كتاب « حساب » لمجهول تبعته سلسلة من الكتب الأخرى الايطالية أو الألمانية .

هذه المؤلفات العملية جداً في البداية ، والتي أتمت التعليم الشفوي للأباء الطليان وللمعلمين الألمان أخذت تتكامل بالتدريج : فبعد مضي 15 سنة على « موجز » ترفيز Trévise ظهر مجمع (سوما Summa) « لوكا باسيولي Luca Pacioli » في البندقية سنة 1494 . وهو حقاً « جامعٌ » لكل المعارف الرياضية في عصره .

نقولا دي كوي Nicolas de Cues وتأثيره : لقد أثر نيقولا دي كوي (1401 - 1464) تأثيراً أكيداً على ليونارد دافنشي Léonard de Vinci وعلى جيوردانو برونو Giordano Bruno وعلى كوبرنيك Copernic وكبلر Kepler ، رغم اشتهاره كفيلسوف لا كعالم ورغم أنه لم يكتشف أية حقيقة علمية : وذلك بفضل تأكيده على القيمة المطلقة لمبدأ الاستمرارية ومماهاته الجازمة بين الدائرة ومتعدد الأضلاع ذي العدد اللامتناهي من الجهات . وهاتان النظريتان كانتا أساس مبدأ « قياس الاحجام » (Stéreometrie) الذي وضعه كبلر Kepler ، نقطة انطلاق هندسة اللامقسومات في القرن السابع عشر .

إن مبحث العلوم عند « نقولا دي كوي » محكوم بمفهوم البنية الجدلية السائدة في فكرنا العقلاني القائل بالمنتهي وبالنسبي، وحيث المعارضة والتضاد هما القانون الأسمى ، والمحكوم بالمصادقة ، الجدلية أيضاً ، في هذه المعارضات والمتضادات داخل « المطلق واللامتناهي » ، مصادفة توصل عقلنا الى فهمها بفضل عمل ايحائي فكري أسماه ن دي كوي N.De Cues « العالِمُ الجهالة » دوكتا اينيورنسا » «Docte ignorance» .

كل فكرة تقوم على مقارنة ووضع علاقات معيّنة . والعلاقات تجد أفضل تعبير عنها في العدد . والعدد يعبر بصورة أساسية عن التعارض بين الصغير والكبير . كما أن العدد يدخل في نطاق المنتهي . لا شك أنه بالإمكان الذهاب من الكبير الى الأكبر ومن الصغير الى الأصغر ولكن في هذه التصاعدية غير المحدودة لا نتخلى اطلاقاً عن مجال المحدودية ، فلا نصل أبداً لا الى الذروة ، أي الى عدد ليس هناك أكبر منه ولا إلى الأدنى أي الى قيمة لا يوجد بعدها قيمة أصغر . ولبلوغ «الأقصى» أو الأدنى يجب تجاوز السلسلة غير المحدودة للكبير والصغير . وهكذا ندرك أن الأقصى في الضخامة والأدنى في الصِغر يتطابقان في فكرة اللامحدود .

وتطابق النقيضين في اللانهائي يتم أيضاً في مجال الجيومتريا حيث لا شيء يتناقض الا المستقيم والمنحني هذا اذا لم يكن التناقض بين المستقيم والخط المنكسر . ومع ذلك فان هذا التناقض لا يصلح

الا في مجال النهائي . وهكذا يتناقض انحناء الدائرة كلما تزايد شعاعها ويتزايد الانحناء اذا تناقص الشعاع ، ولكن الانحناء لا يصل الى أدنى مداه ولا إلى أقصاه . ولكنه يتلاشى في اللانهائي . من هذه الاعتبارات التي هي وراء الرياضيات استنتج « نقولا دي كوبي » استنتاجات مهمة . فقد حاول وهو يؤكد أن الرياضيات وحدها تتيح للفكر البشري الوصول الى اليقين ، وهي تشكل اساس الفيزياء ـ رغم أن حقيقة الفيزياء لا تنصاع تماماً للرياضيات ـ فقد حاول ان يطبق معتقداته على مسائل محددة في العلم .

وليس لأعمال « نقولا دي كوي » الرياضية قيمة كبيرة ، مهما دلت على عبقريته . ذلك أنه قام بمشروع مستحيل هو « تربيع الدائرة » ، وان حلوله تؤدي الى تشبيهات أو مقاربات غير مكتملة ،وهذا ما لم يقصر « رجيو مونتانوس Regiomontanus » في الاشارة اليه ، ونشير إلى أنه في «الرياضيات الكاملة » Mathematica Perfectione (1458) أورد التقريب الممتاز (بالمفهوم الحديث :

$$\varphi = 3 \sin\varphi/(2 + \cos\varphi)$$

يعرف « نقولا دي كوي » أن الخط لا يمكن أن يقسم أو يجزأ الى نقط . بل بالعكس ان لا تجزئية الخط تقوم على عدم امكانية تقسيمه إلا إلى خطوط ، حاله في ذلك كحال السطح (المساحة) الذي لا يقسم إلّا إلى سطوح ، أو حال الجسم (الحجم) لا يقسم إلا إلى أجسام . لا انقساميات ليست ، بأيّ شكل كان ، إلا انعكاسات للّاانقسامية المطلقة للنقطة التي تتضمن وتلخص بذاتها كل اللاانقساميات الأخرى

ويعرف « نقولا دي كوي » أيضاً أن متعددات الأضلاع الداخلة في الدائرة أو المحيطة بها ،رغم أنها ، بعد تكاثر اضلاعها ، تتقارب من بعضها البعض ـ ومن الدائرة التي هي حدها المشترك ،فهي لا تتطابق فيما بينها ولا مع الدائرة .

ويتيح مبدأ تطابق الأقصى والأدنى لـ « كوي » ان يؤكد ان مثل هذا التطابق يجب ان يحصل بين المثلث (الحد الأدنى من عدد الأضلاع) وبين الدائرة (الحد الأقصى المطلق لعدد الأضلاع) .

هذه التأملات حملت « نقولا دي كوي » على التأكيد على مبدأ الاستمرارية ـ الذي اعلنه كامبانوس Campanus سابقاً ـ وبموجبه ان المقدار المستمر المتحرك بين الأقل والأكثر من مقدار معين ، يجب ان يساوي ، في لحظة معينة ، هذا المقدار المعين . ومبدأ تحليلاته يبقى هو هو دائماً : التوافق ، المفهوم بالحدس الذهني (الرؤيا الفكرية) بين الأقصى والأدنى في مجال اللامتناهي والتطبيق الأكيد لمبدأ الاستمرارية . إن العلاقة الصالحة بالنسبة للأقصى والأدنى تصلح أيضاً بالنسبة للقيم الوسيطة

التجديد عند بورباخ Peurbach : يقترن التجديد في الدراسات الفلكية والرياضية في أوروبا باسم وبعمل جورج فون بورباخ Georg Von Peurbach (1423-1461) . إذ معه بلغت الحركة الانسانية علم الفلك واعلن ـ دون أن ينكر التراث العربي بل بالعكس ـ بوجوب العودة الى الينابيع الأصيلة أي الى الأغريق ، في مجال علم النجوم .

ولد « بورباخ » في ضواحي لينز ودرس في جامعة فينا ثم ذهب الى ايطاليا حيث تعرف على

« نقولا دي كوي » وعلى الرياضي والفلكي بيانشيني Bianchini ، ولما عاد الى فينا ، سنة 1454 اصبح فلك الملك لاديسلاس السادس Ladislas VI ملك هنغاريا . وفيها بعد ذلك بقليل ، علم الفلك والحساب والأدب الكلاسيكي في جامعة فينا . وعلّم الألْغوريتم وطبع ما علمه لأول مرة سنة 1492 ؛ وهذا الكتاب أعيد طبعه كثيراً بأسماء متنوعة ، وذاع واشتهر في القرن السادس عشر ككتاب حساب في الجامعات حيث حل محل كتاب « الألْغوريتم » الذي وضعه ساكروبوسكو Sacrobosco . والواقع أن كتاب بورباخ قلّما يبدو أفضل من كتاب « ساكروبوسكو » : فهو يقدم قواعد بدون تبيين ، وتمشياً مع التراث كان يعتبر التبعيض Médiation والتكثير كعمليتين منفصلتين . فضلاً عن أنه لا يعالج إلا عمليات متعلقة بالأعداد الصحيحة . ونذكر أن « الألْغوريتم » هو الحساب بالكتابة (بالريشة) ، وبارقام عربية ، بدلاً من الحساب بواسطة الرميات (Jetons) (« على الخط ») ، المأخوذ عن العدادة (او المعداد) والمرتبط باستعمال الأحرف الرومانية ، والذي ظلّ سائداً حتى القرن السابع عشر ، كاسلوب في الحساب شائع لدى العدادين (التجار والصرافين الخ) . وكانت السلطات العامة بصورة خاصة تحبذ استعمال الأرقام الرومانية في السجلات الرسمية ـ لأن الأرقام العربية يسهل ، بحسب رأيهم ، تزويرها . ولهذا ظلّ الحساب وفقاً للطريقة القديمة يعلم على يد « العدادين » و « معلمي الحساب » ولم يخل المكان امام الالغوريتم الا متأخراً وعلى مهل . وظل يعلم في غالبية الحسابات العملية في القرن السابع عشر . وظل استعمال العدادة حتى أيامنا سواء في الشرق أم في روسيا .

والأهم من « الألغوريتموس Algorithmus » هو « التراكتاتوس Tractatus » وهو احد أوائل الكتب التريغونومترية التي كتبت في أوروبا ، واليه أضاف بورباخ Peurbach جدول جيوب « سينوس » Sinus ذا دقة لم تعهد من قبل ، في ذلك الزمن .

والجيوب (Sinus) اختراع هندي ، استعملت لتحل محل الأوتار (Cordes) التي كان الأغريق يستعملونها . واذا كانت ترجمة الكتب العربية قد جعلت هذه الفكرة مفهومة من العلما الأوروبيين ، فقد كان ينقصها جداول واضحة بما فيه الكفاية . واراد بورباخ ان يتلافى هذا النقص . واستند الى المناهج العربية وخاصة الى مناهج الزركلي (Arzachel) فوضع جدولاً بجيوب الزوايا (أقواس) مرتبة من 10 د إلى 10 د ومن صفر حتى 90° . وفي حسابه ، الذي وضعت نتائجه بشكل كسور عشرية (لا سداسية) ، اعتمد « بورباخ » 60 000 (6×10^4) كمقياس للشعاع (أو نصف القطر : سينوس توتوس) بدلاً من 60 وهو الرقم الذي اعتمده بطليموس Ptolémée من أجل حساب الخطوط (الأوتار) في المجسطي .

ولم تنشر جداول بورباخ . وقرر « رجيومونتانوس Regiomontanus » ان يستبدلها باخرى ، أكثر دقة ، حسبها بعد أن غير في الزوايا (الأقواس) بين درجة ودرجة ، متخذاً الشعاع مساوياً (6×10^4) ثم 6×10^6 (في جدول المماسات) ـ بل ان «رجيومونتانوس » استعمل حتى قيماً كسرية ذات شعاع (10^4 و 10^7) فاتحاً الطريق لادخال الأعداد الكسرية العشرية . ووضعت وفاته المبكرة حداً

لمشاريعه ، ولم ينشر « تراكتاتوس » بورباخ Le Tractatus de Peurbach مع جداول تلميذه الا في سنة 1541 من قبل ج . شونر J.Schöner . واخترع « بورباخ » أيضاً آلة رصد نجومية « المربع الهندسي » « كوادراتوم جيومتريكوم » Quadratum geometricum يرتكز مبدؤها على استعمال جداول السينوس .

مقدمات رجيومونتانوس **(Regiomontanus)** : ولد سنة 1436 قرب كونيغسبرغ (فرانكونيا السفلى) . واسمه الحقيقي جوهان مولر Johann Müller درس باكراً في جامعة ليبزيغ ثم في جامعة فينا حيث تتلمذ على بورباخ Peurbach . وقد عهد اليه هذا انهاء ترجمة بطليموس Ptolémée، وكان قد شرع بها. ورحل رجيومونتانوس Regiomontanus الى ايطاليا . وعمل في بادىء الأمر مع الكاردينال بيساريون Bessarion ومع جورج تربيزوند Georges de Trébizonde ، ثم عمل مستقلاً ، ناسخاً مخطوطات يونانية منها « المجسطي Almageste » . وتجول في ايطاليا ، قائماً بارصاد نجومية ، وتحالف مع بيانشيني Bianchini ، وأيضاً مع الانسانيين غارينو Guarino وتيودور الغزاوي Théodore de Gaza . وأكمل تصحيح نص اغريقي للمجسطي Almageste » كما أكمل كتابه « تريانغوليس أومنيموديس Triangulis omnimodis » (في البندقية سنة 1464) . وبعد الاقامة في فيينا وفي اوفن حيث قدم له ملك هنغاريا ، ماتياس كورفن Mathias Corvin ، وظيفة حافظ كنوزه . وفي سنة 1471 أقام في نورمبورغ ، حيث وضع تاجر غني برنهارد ولتر Bernhard Walther في تصرفه مرصداً ، ومعملاً لصنع الأدوات ومطبعة لنشر كتبه الخاصة والمؤلفات العلمية الكلاسيكية . ولكن ، في سنة 1476 ،استدعاه البابا سيكست (Sixte) الرابع ليستشيره حول اصلاح الروزنامة وعينه اسقفاً في راتيسبون . وبعد وفاته احتفظ ولتر Walther بمعظم كتبه ومخطوطاته ، ثم خلفه عليها الانساني الألماني ويلبالد بيركهيمر Willibald Pirckheimer .

كان انتاج « رجيومونتانوس » العلمي غنياً جداً ، ولكنه أقل أصالة مما كان يعتقد . لقد كان رجيومونتانوس مطلعاً تماماً على كتب سابقيه ، وبصورة خاصة على كتب عربية أو يهودية لم تكتشف مجدداً الا في القرن 19 . وقد أخذ عنهم وخاصة عن ليفي بن جرسون البتاني Levi ben Gerson, Al - Battani ونصير الدين الطوسي Nàsir al - din al - Tùsi أشياء كثيرة ظن البعض انها منه ، ورغم ذلك لا ينكر عليه أنه كان الأول في اعتبار « علم المثلثات » كفصل مستقل من العلوم .

وتضمن برنامجه الطباعي ، الذي احتوى العديد من المخطوطات المستملكة أو المستنسخة ، مع كتب بطليموس Ptolémée ، غالبية المؤلفات الرياضية والميكانيكية في العالم القديم ، والعديد من المؤلفات الوسيطية ، وكتب وأعمال بورباخ Peurbach « نظرية الكون الجديدة » Theoricae novae planetarum » (التي نشرها سنة 1472) وتراكتاتوس . . (Tractatus... Super proposi-tiones Pto lemaei de Sinubus et Chordis) ثم أعماله الذاتية .

من بين هذه الأخيرة تحتل « خمسة كتب حول المثلثات » (نورمبرغ 1533) المقام الأول بقيمتها الذاتية وبأثرها . وبهذا الشأن يعتبر كتاب نصير الدين الطوسي Näsir al-din al-Tùsi : « كتاب

المربع الكامل» ونهاية (راجع المجلد الأول القسم الثالث، الفصل الثاني): أما كتاب «رجيومونتانوس » فيعلن عن انطلاقة جديدة رغم أنـه مستلهمٌ من الطوسي Al - Tusi والكتـابان الأولان من كتاب المثلثات مخصصان للمثلثات ، أما الكتابـان الآخران ، والقسم الأكبـر من الكتاب الأخير فمخصصة للمثلثات الكروية . وبعد بحوث عامـة يبدأ علم المثلثـات بالمقتـرح X ثم يضع ، بالنسبة إلى كل المثلثات ، تناسب الأضلاع مع فرجة الزوايا المقابلة (Sinus) . وهذه القاعدة الأساسية الموجودة عند ليفي بن جرسـون Levi ben Gerson ، تطبق في حـل المسائـل المحددة المطروحة عـلى أساس معطيات عددية تعالج بالحساب .

ويعالج الكتاب الثالث ومطلع الكتاب الـرابع مـادة الأكر عنـد مينيلاوس Ménélaüs وعنـد تيودوز Théodose ويؤكد طرحان من طروحهما أن مجموع اضلاع المثلث الكروي أقل من دائرة كاملة وان مجموع الزوايا يزيد عن زاويتين قائمتين .

ونسبية جيوب (Sinus) الأضـلاع الى جيوب الـزوايا المقـابلة ، تُبيَّنُ فيـها بعد ، في حـالة المثلث الكروي القائم ، ثم تعمم هذه النسبية على كل المثلثات الكروية . وبواسطة أمثلة ، وحسابـات شاقـة بيَّن « رجيو مونتانوس » أن معرفة زوايا المثلث الكروي تتيح تحديد اضلاعه والعكس .

ويعود الكتاب الخامس الى بعض القضايا باساليب جديدة وخاصة استعمال التجويف المعاكس (Sinus versus) المحـدد بالفـرق بين التجـويف الكلي والتجـويف المكمل (وهـو ما نـطلق عليه اسم « جيب التمام » (Cosinus) ، وهو مفهـوم لم يصل اليـه « رجيو مـونتانـوس » : ويعود الفضـل فيه الى « رتيكـوس » (Rheticus 1551) إمـا كلمـة Cosinus فقـد أوحى بهـا ي . غنـتر E.Gunter سنـة 1620 . ومضمون الكتاب الخامس المذكور يعكس تأثير البتاني Al-Battàni .

ومن المحتمل أن يكون « رجيو مونتانوس » قـد أعد صيـاغة كتـابه في ضـوء المعارف الجـديدة المكتسبة بعد سنة 1464 بعد قراءة البتاني Al - Battàni وخاصة معرفته للمماس (1) ، وقد وضع له جدول سنة 1464 ، إسمه الجدول «الخصب» نشر في اوغسبورغ سنة 1490 . وفي هذا الجدول يبدو الميل نحـو علم التنجيم لا علم الفلك واضحاً . وقـد أعاد رجيـو مونتـانوس Regiomontanus النظر فقط في الكتاب الأول من موسوعته وأعده للطباعة . ونشير أيضاً إلى كتـابة « مـدخل إلى عنـاصر

---

(1) ان فكرة المماس ، رغم استعمالها من قبل الفلكيين العرب ، لم تلفت انتباه الغـربيين . إنها لم تكن مجهـولة منهم : فمنـذ القرن الثالث عشر استعملها روبر الانكليزي Robert L'Anglais بأصلها العربي « الـظل » . وفي القرن الـرابع عشر أشـار إليها بن جـرسون Levi ben Gerson في كتـاب ترجم إلى الـلاتينية سنـة 1342عنـوانـه : « سينيس كـورديس اركـوبوس . . . : (Sinubus, chordis, et arcubus, item instrumento revelatore secretorum) وهـذا الكتاب اعتبر أول كتاب في علم المثلثات مؤلف في الغرب . ولكن أحداً لم يلتفت إلى هذين المؤلفـين . وكان رجيـو مونتـانوس Regiomontanus الأول الذي أعترف بفائدة هذه الفكرة . أما فكرة المماس فقد ظهرت لأول مرة سنـة 1583في كتاب « الهندسة الدائرية » للمؤلف توماس فنكي Thomas Fincke .

إقليدس » ، «Intropduction aux Eléments d'Euclide» والى رسائله العلمية الكثيرة .

الكتب الأولى : كان الربع الأخير من القرن الخامس عشر حقبة ناشطة ادبياً وطباعياً . والكتب التي صدرت عن مطابع فرنسا وايطاليا والمانيا كانت قليلة الأصالة ، ولم تصل الى مرتبة مؤلفات عظماء الرياضيين من القرن الثالث عشر والرابع عشر أمثال جوردان نيموراريوس Jordanus Nemorarius وليونار دي بيزا Leonard de Pise ونيقول أورسم Nicole Oresme .إلا أن بعضها يدلنا على مستوى وعلى انتشار المعارف الرياضية وعلى الدور الذي لعبه اتحاد العلوم التطبيقية الرياضية مع الجبر ،من أجل تقدم هذا الأخير وقيامه بدور العلم المستقل . فضلاً عن ذلك تكشف لنا هذه المؤلفات عن جهد واع لوضع مختصرات تعبر عن العمليات الحسابية والجبرية التي كان يعبر عنها حتى دلك الحين بواسطة الكلمات .

واعتبر كتاب « حساب ترفيز Trévise » سنة 1478 الأول من نوعه في الرياضيات التطبيقية . يقول الكاتب ، وهو غفل الاسم أنه كتبه بناء على طلب شبان يمتهنون التجارة وانه يتضمن قواعد مفيدة لكل أنواع الحسابات . ويوجز المؤلف العمليتين الحسابيتين الأوليين . في حين يتوسع في الضرب والقسمة ، وهي عمليات كان يستصعبها الناس في القرون الوسطى وفي عصر النهضة، ويقدم عنها تقنيات متنوعة . من ذلك الضرب بواسطة العامود ، ويستخدم عندما يكون الضارب مؤلفاً من عدد واحد . ثم هناك الضرب المصالب . وهناك اسلوب ثالث يمكن أن يستخدم بخمسة اشكال متنوعة، واحد منها فقط يتوافق مع اسلوبنا ، وهو الضرب عن طريق المربعات . اما القسمة فتتم بواسطة الأعمدة عندما يكون القاسم عدداً واحداً . أما إذا كان القاسم مؤلفاً من أكثر من عدد فتتم القسمة بما يسمى بقسمة السفينة وذلك بكتابة النتائج الجزئية فوق المقسوم ، ثم شطبها تباعاً في كل مرحلة ، وهي طريقة ما تزال مستمرة وقد اعتمدها الأقدمون وكذلك أهل الشرق الذين كانوا يكتبون على الرمل أو على الواح من شمع . (راجع المجلد الأول ، القسم الثالث ، الفصل الثاني) .

أما الميزان بواسطة الـ9 فهو جزء متمم للعمليات . ثم تأتي القاعدة الثلاثية ، ثم حساب الخلائط (تحديد وزن المعادن الثمينة الداخلة في الخلائط) حساب عدد الذهب في جدول الحسابات الكنسي. ومن بين المسائل المعالجة، وبعضها يعود الى العصور القديمة ، مسألة الملاحقة وهي مسألة الأرنب الملاحق من قبل كلب . وقد تعرض لهذه المسألة « الكوين » وكذلك مسألة تلاقي الساعيين المتجهين نحو بعضهما البعض.

وهذا الكتاب قد تبعته كتب اخرى من نفس النوع اشهرها كتاب بطرس برجي Pietro Borgi (البندقية 1484) .

ويتفق مع « حساب ترفيز »Trévise كتاب بعنوان « رشنبوك Rechenbuch» نشر في بنبرغ سنة 1482 ، نشره وغنر V.Wagner . وقد وصل الينا منه بعض الأجزاء . وهناك أيضاً كتاب

« بامبرجر رشنبوك Bamberger Rechenbuch» لكاتب مجهول ، نشر في ذات المدينة في السنة التالية . وفي هذا الكتاب يبدو الأثر الايطالي واضحاً . وهذا الكتاب الأخير اكمل وأكثر منهجية ويعلم العد والجمع والطرح والضرب وفقاً لخمسة اساليب والقسمة وفقاً لعدة اساليب : قسمة الأعداد الصحيحة مع ميزان السبعة وقسمة الكسور ، ثم جمع التصاعد الحسابي والتصاعد الهندسي ثم القاعدة الثلاثية أو القاعدة الذهبية .

وخصص فصل فيه للحساب بواسطة الفيشات (dieguldenregel) . ومصدره ايطالي واضح من الاسم . ونجد فيه مسائل حول صرف العملة والمزج ، وقاعدة الشراكة . ووضعت جداول تدل مباشرة على هذه المسائل المتنوعة . أما كتاب جان ويدمان Behende und hubsche Rechenung auf allen Kauffmannschaffl, Leipzig, 1489 نشر في ليبزغ سنة 1489، فهو أكمل من «الرشنبوك Rechenbuch » ، وان أخذ عنه الكثير ، ومستواه أعلى وأكمل . وهذا الكتاب يعلن عن تلاحم الحساب والجبر . ويعتبر كتاب لوقاباسيولي Luca Pacioli واسمه « سوما Summa» خير مثال على ذلك .

وجوهر فائدة هذا الكتاب يكمن في استعمال العلامتين + و – وهما لا تدلان لا على عمليات الجمع والطرح ولا على اعداد ايجابية او سلبية ، بل تدلان على النقص والزيادة او العلاوة والحسم : ثلاث أكيال (ـ) انشان 2 ؛ 3 ماركات (+) 3 دوانق . وتمشياً مع استعمال دائم للرياضيين الوسيطيين والشرقيين تصنف المسائل وقواعد حلولها ، رغم تقاربها في النوع ، كل حالة على حدة ويعطى لكل منها اسم خاص والاستعانة بالجبر (كوس)[1] يظهر في معالجة مسائل تتعلق بالفائدة البسيطة والمركبة وبالمسائل التي تقتضي افتراضاً خاطئاً ومزدوجاً . ولم يستعمل ودمان Widmann الفاظ الجبر اللاتيني ولم يكتب صيغاً بل أعلن عن قواعد تدخل في جملة المعلومات الجبرية . أما مستوى المعرفة الرياضية السائد يومئذ فمعروض في مخطوط موجود في مكتبة ميونخ (1461) وفي مخطوط أخر في مكتبة درسده. المخطوط الأول يتضمن معالجات بقلم أورسم Oresme، وبرادواردين Bradwardine، ونيقولا كوي Nicalas de Cues ، حول الهندسة العملية ، وطريقة في الحساب بواسطة الكسور ، وحساباً جرمانياً لاتينياً ، يبدأ على نمط حساب بويسBoéce ، بتحليلات حول الأعداد المزدوجة والمفردة ، وحول الأعداد الأولى والكاملة وينتهي بدراسة التصاعد وبقاعدة فالسي regula falsi وقاعدة اورا Regula aurea velde tre . . . مع العديد من القواعد الخاصة والأمثلة . كما يتضمن هذا المخطوط الأول فقرة من ترجمة كتاب الجبر للخوارزمي al - Kwarizmi .

ويتضمن مخطوط درسده Dresde ، فيما يتضمن ، كتابين عن الجبر واحد لاتيني والآخر الماني ، حيث توجد اشارات متنوعة للدلالة على «القوى الأربعة الأولى » فوق المجهول ، كما يتضمن تصنيفاً للمعادلات التي تميز بين الأنماط الستة الكلاسيكية لمعادلات الدرجة الثانية (ومنها ثلاثة أنماط من

(1) إن كلمة كوس Coss تعني عند الألمان الجبر وتعني عند الطليان من المتعاملين بالجبر « المجهول » أو الشيء المطلوب .

المعادلات الناقصة) و18 أخرى تكعيبية ومزدوجة التربيع . وهذه تضاعفية تميز بها جبر القرون الوسطى وعصر النهضة ، وتفسر ، بجهل العدد السلبي والحاجة الى عدم استعمال قيم غير القيم الايجابية في المعادلات .

مثلث شوكيه: أن كتاب « الأقسام الثلاثة في علم الأعداد »، المكتوب في ليون سنة 1484 ، بقلم الطبيب الباريسي نقولا شوكيه Nicolas chuquet ، يسمو في مستواه فوق الكتب السابقة ، وأيضاً فوق كتاب « سوما Summa » لمؤلفه لوقاباسيولي Luca Pacioli . وعلى كل ، واذا كان بالامكان القول بأن واحداً من هذه المؤلفات قد أثر بصورة مباشرة في المؤلفات الأخرى ، فان تشابهها يدل على أنها تدخل في ذات التراث .

تتضمن دراسة «شوكيه»، التي ظلت مخطوطة في زمنه ، ثم اكتشفت ونشرت من قبل « ا، مار A. Marre » سنة 1880 ، ثلاثة أقسام مخصصة للأعداد ذات الجذور والأعداد غير المجذرة ولنظرية المعادلات .

وبدأ «شوكيه»، بحكم امانته للتراث ، بالتعداد ، أي بشرح نظام الأعداد وكيفية كتابتها وظهر دور الصفر بوضوح تام . ومن أجل تسهيل التعداد ، اقترح شوكة تقسيم الأعداد الى مجموعات (بواسطة النقط) واعطاء كل مجموعة اسماً يدل على مرتبتها مباشرة . من ذلك انه بدلاً من القول « الف الف » يقال « مليون » ، وبدلاً من القول « مليون مليون » يقال بليون ثم تريليون ، كوادريليون الخ . وهكذا الى آخر ما يراد تعداده .

ان المعجمية التقنية التي استعملها «شوكيه» متقنة الصنع . وهي في معظمها ما تزال تستعمل اليوم . اما جدول الضرب فيسميها «الكتيب الصغير حول الألغوريسم»، وهي مرتبة بشكل مثلث . ويفضل «شوكيه» بدلاً من ميزان الـ9 ، لأنه لا يمكن أن يكتشف بعض الأخطاء ، ميزان الـ7 « لأن الـ 7 لا تأتلف مع الأرقام مثل 9 ». ويلاحظ «شوكيه» ان الضرب والقسمة باثنين او ثلاثة الخ هي حالات خاصة في العمليات العامة وليست عمليات خاصة .

ويحدد «شوكيه» أيضاً التصاعدية الحسابية والتصاعدية الهندسية بوضوح ، وفي هذا اعظم عناوين مجد «شوكيه»، حين يجري التوافق بين التصاعديتين :

« اذا كانت التصاعدية الحسابية هي تصاعدية سلسلة الأعداد والتصاعدية الهندسية تبدأ بمطلق عدد الا ان (مخرجها (Dénominateur) أو ضاربها يساوي هذا العدد ، [وهذا ما نرمز اليه اليوم بنمط $a, a^2, a^3 \ldots a^n$] « عندها (يقول «شوكيه») ، أن حاصل ضرب عددين من السلسلة الثانية ينتمي الى السلسلة ، وعددها الترتيبي يكون مجموع الأعداد الترتيبية لهذه العوامل .

ونجد هنا ، وهذا امر مهم ، أول مظهر من مظاهر فكرة الحساب اللوغاريتمي .

وفي معالجته للقاعدة الثلاثية وللقواعد المتعلقة بالموقع وبالموقعين ، يتصرف شوكيه Chuquet بشكل متماسك تماماً وتناظري فيما خص الأعداد الايجابية والأعداد السلبية ، ويعطي قواعد

استعمالها : « ضرب زائد بناقص أو العكس يعطى دائماً ناقص . أما قسمة زائد بزائد وناقص بناقص فيعطي زائد ، ومن يقسم زائد على ناقص أو ناقص على زائد يحصل على ناقص ». والنوعان من الأعداد ، وكذلك عمليات الجمع والطرح يرمز اليها بالإشارات (اختصار $\bar{m}$ و $\bar{p}$. وظهرت علامات اخرى في بقية المؤلف من ذلك ان الجذر Racine يرمز اليه R/ (وقد سبق أن استعملها ليونار دي بيز Leonard de Pise ورجيو مونتانوس Regiomontanus) .

يضاف اليه المثقل Exposant : $R/^2$ إشارة إلى الجذر التربيعي (الجذر الثاني) و $R/^3$ من اجل الجذر المكعب . وقد عالج مسألة توسيع هذا الترميز ليشمل الجذور الأولية ($R/^1$) التي هي الأعداد بذاتها ($R/^1\ 12 = 12$) .

أما الترميز (الأُسي Exponentielle) بواسطة الرموز العليا الموضوعة على اليمين فقد وسع من الجذور الى مضعفات المجهول . ويسمي «شوكيه» المجهول « بالعدد الأول » ، ويشير الى أن القدامى كانوا يسمون هذا المجهول شيئاً (cosa و Res) ، ولكنه لم يكتبه في تركيباته ومعادلاته . من ذلك أن 12^1 تعني في الترميز المعاصر 12^x . أما الأعداد الثانية والثالثة فتدل على تضعيفات المجهول ($12x^2 = 12^2$, $12x^5 = 12^5$) . ولكن رغم هذه الثغرة ـ عدم ترميز المجهول ـ فهم «شوكيه» تماماً المعنى العميق للترميز الأُسي .

فهو قد طبق ، ليس فقط في الضرب وفي القسمة الجاريين على تعابير من نمط a^n وa^m ، وبدون تردد قاعدة الجمع والطرح في المثقلات (من ذلك $12^3 \times 10^5$ تعطى 120^8 أي في الترميز الحديث : $12x^3 \times 10x^5 = 120x^8$) بل لم يتردد أو يضطرب امام المثقلات السلبية ولا أمام المثقل صفر الذي يدل على عدم وجود مجهول .

وتبدو معالجته لاستخراج الجذور التربيعية والتكعيبية (وقواعده بهذا الشأن قريبة من القواعد المطبقة اليوم في كتبنا) من حيث وضوحها ، فريدة في القرن الخامس عشر . وفي نظرية المعادلات لم يحاول «شوكيه » ، وهو بهذا امتاز على معاصريه ، ان يكثر من القواعد الخاصة ، بل بالعكس حاول أن يعثر على القواعد الأكثر عمومية ، وأدخل أربع طبقات قانونية تكتب في الترميز العصري (في المعادلات الرباعية أو القابلة للتخفيض والتحويل الى رباعية :

$$ax^m = bx^{m+n} \qquad ax^m + bx^{m+n} = cx^{m+2n}$$
$$ax^m = bx^{m+n} + cx^{m+2n} \qquad ax^m + bx^{m+2n} = cx^{m+n}$$

والأمثلة المعالجة تتضمن احياناً حلولاً سلبية تعتبر صحيحة تماماً . وهناك حلول تؤدي الى معادلات غير محددة او الى مجموعات من المعادلات تتيح في الواقع حلولاً كثيرة . ويتضمن مخطوط « شوكيه »المحفوظ في المكتبة الوطنية في باريس (324 ورقة) ، يتضمن هذا المخطوط ، بعد « الأجزاء الثلاثة » (ورقة 1 إلى 147) مجموعة من 166 مسألة ، وبحثاً تطبيقياً حول تطبيق الجبر على الهندسة ، وحساباً تجارياً .

وفي بعض المسائل من الدرجة الاولى ذات المجهولات المتعددة ، يبرز ترميز جديد . فالمجهول

الرئيسي يرمز إليه دائماً بـ 1^1 ، والمجهول الثاني يرمز اليه 1^2 ، وتوصل « شوكيه » الى التعبير عن هذا بالنسبة الى الأول . وهناك مجهول ثالث رمز اليه 1^3 ، ثم عبّر عنه ايضاً بالنسبة الى الأول . وهكذا يعود الحل الى قاعدة الأوليات (J.Itard) .

وللأسف لم يُنشر كتاب « الأقسام الثلاثة » ، رغم أنّه عُرف ، ورغم إن إفكار «شوكيه» قد وجدت هنا وهناك وبصورة خاصة في كتاب الحساب الذي وضعه اتيان دي لاروش Etienne de La Roche (ليون 1520و1538) . ولم يكن لهذا المؤلف ، في تطوير الجبر . ذلك الأثر الذي كان يجب ان يكون له ولذا استخدم كتاب الجامع « سوما Summa » الذي وضعه لوكاباسيولي Luca Pacioli ، في القرن اللاحق ، كنقطة انطلاق ومصدر ثانٍ ، في علم الرياضيات النظرية والعملية :

مؤلفات باسيولي Pacioli : ولد لوكا باسيولي Luca Pacioli (اولوكادي بوغرو سبولكرو Luca di Borgo S.Sepulcro) حوالي سنة 1445 في بورغو سان سبولكرو ، في أومبري . وفي سنة 1464 ، جاء الى البندقية وفيها اكتسب المعارف التجارية التي تجلت في كتابه « الجامع » (Summa) . وبعد أن ارتدى لباس سان فرنسوا San François ، وبعد أن اكمل دراسته ، درس الرياضيات في بروز (1475) ثم في مدن اخرى من أيطاليا. وأخيراً في روما حيث مات سنة 1514 .

وكتاب«الجامع» في الحساب والهندسة والنسبة والنسبيات ، الذي سبقته ثلاثة كتب متوسطة الحجم وغير منشورة ، أكمله سنة 1487 ، في بروز ونشره سنة 1494 في البندقية . أنه كتاب كبير (600 ص) (300 ورقة) ضمَّ ، فضلاً عن المواضيع التي أشار إليها العنوان ، محاضرة كاملة عن الحساب التجاري . انها موسوعة حقة . وهذا الكمال ، المبتغى عن وعي ، من قبل « باسيولي »، هو الذي يفسر نجاحه ، الذي لم يحط من قيمته انعدام الترتيب ، ولا صعوبة الأسلوب واللغة .

يقسم الكتاب الى خمسة أقسام ، قسمت بدورها الى معالجات ومتمايزات . ولكنه لا يتضمن الا مجلدين . يحتوي الأول منهما على الحساب (النظري والتطبيقي) وعلى الجبر (224 ورقة) والثاني يتضمن الجيومتريا (الهندسة) (76 ورقة) .

من الناحية الرياضية ، هناك تجديد قليل جداً في « الجامع » « لباسيولي ». ولكن المؤلف لا يبتغي الأصالة ، ويشير بصراحة كلية الى الكتاب الذين أخذ عنهم أو نقل عنهم . ومن بينهم من الأقدمين : افلاطون Platon، وارسطو Aristote واقليدس Euclide وارخميدس Archiméde ونيقوماك Nicomaque وتيون الأزميري Théon de Smyrne وبويس Boéce، ومن بين علماء القرون الوسطى : ثابت Thàbit ، واحمد بن يوسف Ahmad ibn yüsuf، وليونار دي بيز Léonard de Pise، وبرادواردين Bradwardine ، وبليزدي بارم Blaise de Parme، والبير دي ساكس Albert de Saxe وجوردان نيمورايوس Jordanus Nemorarius،وجان ساكروبوسكو Jean de Sacrobosco ؛ ومن بين المعاصرين أشار الى برودوسيمو بلدوماندي Prodoscimo de Beldomandi، (الذي ظهر كتابه الألغوريتم الكاملة ، المؤلف سنة 1428 في بادو سنة 1483).

ويتضمن القسم الأول من « الجامع » المادة الأولية المعروفة في الحساب النظري والألغوريسم

ومختلف أنواع الأعداد (المربعات، المنحرفات،المثلثات، الكاملة، المتعاطفة . . .). وعرضاً موجزاً لنظرية المتعددات الأوجه المنتظمة الخمسة .

وبعدها يدرس العمليات الحسابية الكلاسيكية المعروفة يومئذ : العدد ، الجمع والطرح والضرب والقسمة والتصاعد ، واستخراج الجذور . ويلاحظ ان التوسط والتضعيف قد أهملا تماماً أما الجمع فقد رمز اليه بالعلامة $\underline{\tilde{p}}$ ويتم باسلوب واحد . أما الطرح فقد رمز اليه ب $\tilde{m}$ وهو وارد بثلاثة اساليب مختلفة .

أما الضرب فيتم وفقاً لثمانية اساليب ؛ والقسمة اربعة منها اسلوب جاليا Galea الشبيه بالاسلوب الذي يسميه « حساب ترفيز Trévise » ، per batello a galea ، واسلوب Danda ، الذي طبقه الممارسون برأي « باسيولي » ، والذي يشبه اسلوبنا . واستعمال موازين الـ 9 والـ 7 كان شائعاً جداً . وبعدها تأتي الفصول المستوحاة من ليونار بيزا Leonard de Pise ، حول التصاعد وحول استخراج الجذر التربيعي والتكعيبي (وهذه الحالة الأخيرة قد عولجت ضمن الفرضية التي يؤدي الاستخراج فيها الى عدد جذري) ، وبعدها تأتي دراسة الكسور وفق ترقيم شبيه بترقيمنا .

وأشار « باسيولي » الى المختصرات المستعملة في الحسابات العادية كما أشار الى مختصرات أخرى سماها حرفياً « بالجبرية » (كاراتيري الجبريسي Caratteri algebrici) والتي تستعمل في قاعدة المجهول Regola della cosa .

«ومن بين هذه المختصرات الاشارة ℞ التي ترمز الى الجذر (℞ الأولي يماثل العدد ، ℞ أو ℞2 يدل على الجذر التربيعي و ℞3 يدل على الجذر التكعيبي : والمثقلات لا توضع كمثقل كما هو الحال عند شوكيه Chuquet بل على مستوى اشارة ℞ . و« باسيولي » لا يستعملها الا في الجذور التربيعية والتكعيبية) .

اما الجذور ذات التثقيل الأعلى ، فقد اتبع فيها خطأً مبدأ الجمع ، وذلك بشكل قليل التماسك : من ذلك $\sqrt[7]{\ }$ يساوي ℞ ℞ ℞ *cuba*، و $\sqrt[5]{\ }$ يساوي ℞ *relata* ; $\sqrt[6]{\ }$ يساوي ℞ *cuba* لـ *cuba*
أما $\sqrt[8]{\ }$ تساوي ℞ ℞ *cuba* لـ ℞ *cuba* .

ويكتب الجذر التربيعي لتعبير جبري كما يلي ℞ *u (radix universalis)* . ويجب الاشارة الى ان نفس الرموز تستخدم أيضاً للدلالة على الأعداد المضروبة بنفسها أو بمثقلات . وهذا لا يساعد على الوضوح» .

ولكن الترقيم الأكثر اعتياداً ، بالنسبة الى الأعداد المثقلة Puissances مختلف تماماً . فالمجهول (cosa . أو Res،) يرمز اليه بالرمز *co* . أما الأعداد المثقلة فلها أسماء خاصة وتميّز بالاختصارات التالية :

carré مربع ; cube : مكعب

censo = *ce.* (carré) ; *cubo* = *cu.* (cube : x^3) ; *censo de censo* = *ce.ce.* (carré de carré : x^4); *primo relato* = *p°.r°*.(x^5) ; *censo de cubo* = *cubo de censo* = *ce. cu.* (x^6) ; *secundo relato* = 2°.*r°*. (x^7) ; *censo de censo de censo* = *ce.ce.ce.* (x^8), etc.

هذا النظام من التسميات يرتكز على ضرب المثقلات وليس جمعها . واضطر « باسيولي » الى الاستعانة باسماء خصوصية (Les relati) وبالاختصارات الخاصة بالنسبة للأعداد المثقلة ذات التثقيل الأوّلي مثل 11,7,9 ؛ الخ .

ويرمز الى المعادلة بكلمة يساوي أو بخط قصير : ـ ، أو بلا شيء . والعدد الثابت الوارد في معادلة ما يسمى Numerus . وفي الحالة النادرة والتي يجب تجنبها حيث تتضمن المعادلة مجهولين يرمز الى الثاني أو quantita ، بعلامة خاصة : $\overline{q\beta}^{a}$.

وفي درسه للجبر بالذات بدأ « باسيولي » بتفسير الاشارة $\bar{p}$ و $\bar{m}$ (زائد وناقص) حيث اختصر استعماله في سلسلة من القواعد مقوية للذاكرة . ويوضح أن البراتيكا سبكولا تيفا La Pratica speculativa ، والمسماة عامية « قاعدة الشيء »، أو الفن الكبير تسمى أيضاً الجبر والمقابلة .

وفي نظرية المعادلات هناك ثلاثة انماط خاصة بسيطة $ax^2 = bx$; $ax^2 = c$; $bx = c$ (في الترميز العصري) ، وثلاث حالات رئيسية هي $x^2 + b = ax$; $x^2 = ax + b$; $x^2 + ax = b$.

وحل المعادلات الاخيرة مختصر بثلاثة قواعد سهلة التذكر . والمعادلات من درجة اعلى (Bi-quadratique) تجمع في ثلاثة انماط اثنان منها يُردّان الى معادلات من الدرجة الثالثة وتسمى مستحيلة

ويطرح باسيولي Pacioli فيما بعد ولأول مرة ، موضوع الأحزاب : وهي لعبة يتوجب للرابح فيها تجميع ست علامات ، وتتوقف عندما يحصل احد اللاعبين على خمس علامات والآخر على علامتين . فكيف تمكن قسمة الغنيمة؟ والحل الخاطىء : بنسبة النقط الحاصلة .

القسمان الثالث والرابع اللذان ينتهي بهما هذا الكتاب الأول يشكلان كتاباً في المحاسبة ذات القيد المزدوج وجدولاً بالنقود والمقاييس المستعملة في ايطاليا ، والمأخوذة عن كتاب لمؤلف مجهول ، غالبا ما يظن أنه جورج شياريني Giorgio Chiarini . (والكتاب طبع في فلورنسا سنة 1481 تحت عنوان Libro che tratta .

والمجلد الثاني من كتاب « الجامع Summa » يعالج مختلف المسائل الهندسية القياسية . وفيه جمعت مئة مسألة «مفيدة جداً » ، في «دراسة خاصة حول الأجسام المنتظمة والعادية » . أما أكثرية المسائل فتعالج بالحساب لا بالبناءات الهندسية . أما الكلام عن المعالجة الجبرية فخاطىء لأن « باسيولي » يدرس مسائل خاصة ولا يتجاوز أبداً مستوى الحساب .

وفي سنة 1509 أصدر « باسيولي » في البندقية كتاباً من ثلاثة أقسام عنوانه Divina proportione . . . والقسم الثالث من هذا الكتاب نقل نقلاً دراسة ظلت غير منشورة كتبها بيرودلا فرنسيسكا Piero della Francesca .

وفي القسم الأول ، وهو القسم الوحيد الذي يعني بالنسبة (العدد الذهبي ، أو القسْمة لعدد ما الى حـد raison متوسط والى حـد أقصى (en moyenne et extrème raison) ، يمتدح « بـاسيولي » النسبة ، ويبرر وصفها بالربانية Divine باعتبـارات مأخـوذة من الفلسفة الافـلاطونيـة ومن اللاهـوت المسيحي ، ويشرح لنـا دورهـا الضخم الـذي تلعبـه في تكـوين الكـون وكـذلـك في تكـوين الجسم البشري . وتـلي سلسلة من المقترحـات المتعلقة بهـذه النسبة (المستعـارة من أقليدس Euclide) ، ثم مناقشة لتطبيقات هذه النسبة في مجال الهندسة المعمارية ، والطبـاعة ، وفي بنـاء البوليـدر (مضلع متعدد الصفحات) المنتظم ونصف المنتظم . ويذكر « باسيولي » بهذه المناسبة عـدة مجموعـات من نماذج هـذه الأجسام ، وقد قام بنفسه بصنع مثل هـذه المجموعـة في نيسان 1489 . وتتضمن صـورته الشهـيرة من صنع جاكوب باربـاري Jacopo de Barbari تصـويراً لاثنـين من هذه النـماذج(مضلعين واحـدمنهما منتـظم والآخر نصف منتـظم) . ومن اجل رسم الصـورة في كتـابـه حصل « باسيولي » على مساعدة ليونارد دافنشي Léonard de Vinci[1] .

ليونارد Léonard والرياضيـات : تقع اعمـال ليونـارد دا فنشي ، Léonard de Vinci ، كأعمال صديقه لوكا باسيولي Luca Pacioli بين القرنـين الخامس عشر والسـادس عشر . وهو فكـر شمولي اذا كان حقاً هناك من فكر شمولي ، وهو اعظم أعاظم الهواة ، بحسب تعبير ج . ل . كوليدج J.L.Coolidge . وقد عني « ليونارد » بكل المجالات العلمية : الهندسة ، الميكانيك ، الجيولوجيـا ، والجغرافيا ، الفيزيولوجيا والتشريح ، علم النبات والبصريات ولم يفته شيء أمام حشريته المحرقة وكان فكره في كل مجال من هذه المجالات متقدماً سباقاً .

ولم يكن « ليونارد دافنشي » (1452 - 1519) نتاج تعليم جامعي ولا هو نتاج ثقافة أدبية انسانية ايطالية . واذا كان بيار دوهيم Pierre Duhem ، في دراساته الشهيرة حول « ليـونـارد دافـنشي ، ما قرأه ومن قرأوه » (باريس 1909 - 1913) قد قدم لنا العالِم المشبع بالتراث العلمي الوسيطي الذي انقذه «ليونارد» من النسيان ونقله الى خلفائه في القرن السادس عشر والسابع عشر ، فالعلم الحديث لم يحتفظ بشيء من هذه الصورة . ففي زمنه وفي الزمن الحديث اعتبر ويعتبر « ليونارد» رجـلاً غير مثقف بالثقافة الكلاسيكية ، رجلاً يجهل اللاتينية واليونـانية ، وممـارساً عمليـاً ، وفي افضل الأحـوال رجلاً عصامياً .

والمعاصرون ـ معاصرو « ليونارد » ومعاصرونا ـ هم على خطأ وعلى صواب في آن واحـد . على

---

(1) يتوجب الاشارة إلى الترجمة اللاتينية « لعنـاصر اقليدس » Euclide التي نشرهـا « باسيـولي » سنة 1509 في البنـدقية . ومن المعلوم ان هناك نسخة من « العناصر » بخط كمبانوس مأخوذة من العربية وقد نشرت بعـد 1482 . وانتقد بـارثولـومو زامبرتي Bartolommeo Zamberti الاخطاء فيهـا ولغتها الجـافة ونشر في سنـة 1505 في البندقية ترجمة جديـدة نقـلاً عن مخطوطة يونانيـة . وقـد قـام مجـد كمبـانـوس عـلى هـذا ، إذكـان يعتقـد أن المعطيـات وحـدهـا كـانت من صنـع «اقليـدس» أمـا البيان والايضاح في النسخة اللاتينية فكانت من صنع كمبانوس ، اما البيـانات في النص الاغـريقي فكانت من صنـع تيون Théon . وقد اعتبرها « باسيولي » غير كافية من الناحية الرياضيـة (أي ترجمـة زامبرتي Zamberti) ، فـاعاد ، نشر نسخـة كمبانوس Campanus بعـد تصحيحها . والخلط في زمنه بين « اقليدس » وبين الفيلسوف اقليدس المغري Euclide de =

خطأ حين يقللون من عدد الأشياء التي تعلمها الشاب « ليونارد » في مدرسة اندريا فروكشيو Andrea del Verrocchio حيث عمل في معمله وتكون على يديه : فمعمل كبير مثل معمل فروكشيو Verrocchio حيث يتعلم المبتدىء ، غير التصوير ، فن قولبة البرونز وتشذيب الصخر ، وفن وضع الخرائط وحفر القنوات وفن بناء البيوت وتحصين المدن ؛ هذا المعمل يشبه الى حد بعيد مدارسنا للفنون الجميلة ، أو مدارسنا للفنون والمهن ، أكثر مما يشبه معمل رسام حديث . وممارسة كل هذه الفنون ـ حتى فن الرسم الذي يتطلب معرفة بالأبعاد ـ تتطلب زاداً علمياً رياضياً بصورة خاصة لا يستهان به على الأطلاق .

وهم على حق في التركيز على التكوين العملي وحتى الحرفي عند «ليونارد»: فهذا التكوين ربما يفسر لغته الهندسية المحدودة . أن ليونارد في أعماقه هو مهندس ومصمم آلات . وليس هو بالمنظر . كما أن جيومتريته هي جيومترية الميكانيكي : والحلول التي يسعى اليها هي حلول عملية تقريبية تتحقق بواسطة آلات واقعية ، وليست حلولاً نظرية دقيقة يمكن تنفيذها in Rerum Natura . والعلم في نظر « ليونارد » ـ كما هو في نظر الكثير من معاصريه ـ لم يكن موجهاً نحو التأمل بل نحو العمل .

وخير مثل على هذا الموقف العملي التجريبي يبدو لنا من خلال دراسته حول البناء ـ بناء ضمن دائرة ـ لمتعددات الأضلاع المنتظمة كما تربيع الدائرة . ان رسم المتعددات ذات 24 ،8،6،3 ضلعاً أمر سهل ، وقد حققه « ليونارد » مستعملاً فرجة ثابتة من البركار (البيكار) (واصبح البناء بواسطة بركار ذي فتحة ثابتة ـ وهو موجود عند بابوس Pappus بعد أن كان أبو الوفا Abū'l -Wafa قد اهتم به كثيراً ـ شعبياً في ايطاليا خلال القرن السادس عشر . وبناء المخمس والمثمن أصعب ، وقد اكتفى « ليونارد »، هذه المرة بحلول تقريبية . اما تصحيح وتربيع الدائرة فيتم بتكريج دائرة او دولاب فوق خط مستقيم او فوق سطح . وهذا يدل ، بكل تأكيد ، على جهل تام بالمسألة النظرية ، ولكن من وجهة نظر المهندس له مبرره التام .

بدون شك ، يعود الفضل إلى لوقا باسيولي Luca Pacioli، صاحب «الجامع» (سوما Summa) الذي استولى عليه « ليونارد » منذ صدوره ، حتى اصبح صديق لوقا Luca ، وعنه أخذ أفضل معارفه الرياضية ولكنه عرف أيضاً البير دي ساكس Albert de Saxe وجوردان نموراريوس Jordanus Nemorarius اللذين ذكرهما كثيراً ونقولا دي كوي Nicolas de Cues الذي كان له تأثير بالغ عليه واغلب الظن أنه لم يدرس ارخميدس Archiméde على الاطلاق . وبالمقابل لقد عرفه، بشكل غير مباشر ، من خلال ايتوسيوس Eutocius وجورجيو فالاّ Giorgio Valla حين طبق مضمون كتابه : « De expetendis et fugiendis rebus ».

ومن الغريب ان لا يهتم « ليونارد » على الاطلاق بالجبر . ربما لأنه وجده صعباً جداً وتجريدياً جداً ، وبالمقابل انه مهندس بالولادة ، حتى ساعدته موهبته العجيبة في الرؤية في الفضاء ، على تلافي نقص معرفته النظرية . وافكاره حول المفاهيم الأساسية في الهندسة تبدو مهمة ، رغم أنها تعكس تأثير التراث الأرسطي ، وكذلك تأثير نقولا دي كوي Nicolas de cues المساعد .

= Mégare لم يصحح الا في نشرة كوماندينو Commandino (1572) .

ولا يتراجع « ليونارد » أمام استخدام التدقيقات المتناهية الصغر (الانتقال الى الحد الأقصى) . من ذلك انه ، لكي يحدد مركز الثقل في نصف الدائرة ، اقترح تقسيمها الى عدد من الاهرامات (المثلثات) الى درجة يُصبح معها تقعر قاعدتها تقريباً غيرمحسوس بحيث يبدوكخط مستقيم». وعلى كلٍ ان في هذا حالة استثنائية . وبشكل عام ، ان اساليب « ليونارد » ابسط ، واقوم وأكثر بدائية . وهو ، من غير شك ، توصل الى اجمل اكتشافاته العلمية ، اكتشاف مركز الثقل في الهرم ، بالحدس والالهام .

ويبدو أنه نقل الى الفضاء التحليل المتعلق بالسطح ،في ما خص مركز الثقل في المثلث ثم عبر الى المثلث القاعدة المنتظم ، فاستطاع تحديد مركز الثقل في هذا الهرم عند نقطة التقاء المحاور (axes) (وهي المستقيمات التي تجمع ين القمة ؤمركز الثقل في الوجه المقابل) ، وعلى مسافة الربع من القاعدة . ثم اكتشف ان المستقيمات التي تصل بين اواسط الأضلاع المتقابلة، في هرم مثلث القاعدة (تترايدر) تتقاطع ايضاً في مركز ثقله . واخيراً لقد عمم اكتشافه واكد ان مركز الثقل في أي هرم يقع على محوره ، في الربع منه ، انطلاقاً من القاعدة .

واستلهم « ليونارد » دراساته حول تحويل الأحجام من بعضها الى بعضها ، « بدون نقص ولا تزايد في المادة » من كتاب نقولا دي كوي Nicolas de Cues : « De transmutation geometricis » . (المكتوب حوالى سنة 1450) ولكنه استعمل ـ من اجل حل المسائل التي طرحها هذا الأخير.(اجتماع عدة مكعبات في مكعب واحد ، وتحول مكعب الى منشور قائم وبالعكس) ، وهي مسائل تدور حول ادخال متوسطين نسبيين بين كميتين معينتين: أساليب تعلمها من فالا (Valla) . وعلى كلٍ ابتكر « ليونارد » تحويلات اصيلة ، كتحويل مكعب مثلاً الى هرم .

وقد أثارت هليلات ايبوقراط Hippocrate ، اهتمامه : وزيادة على الاشارات الكثيرة المدونة في « دفاتره »، حاول سنة 1514، ان يؤلف بشأنها دراسة « De ludo geometricas » ظلت ، ككل اعماله ، غير مكتملة ، هذا الاهتمام ربما تفسره القيمة الجمالية لهذه الهليلات التي يمزجها ليونار Léonard وبشكل بل باشكال لا يتصورها الخيال ، مع قرنها بصور اخرى . في هذه الأثناء يكتشف بعض المقترحات الهندسية ، البسيطة بالتأكيد ، انما غير المعروفة حتى ذلك الحين ، على الأقل في الغرب . وبناء عليه قرر ان مجموع الهليلات المبنية على الأضلاع الثلاثة في مطلق مثلث مستقيم يُساوي مساحة المثلث المذكور .

ونشير أخيراً الى الحل المدهش الميكانيكي (بواسطة بركار خاص)لمسألة بصرية تسمى مسألة (ابن الهيثم Alhazen) (يراجع المجلد 1 ، القسم الثالث ، الفصل الثاني)التي حُلّت هندسياً بعد مئة وخمسين سنة من قبل هويجن (Huygens) . ويقتضي هذا الحل معرفةعميقة واستثنائية ، بالنسبة الى ذلك الزمن ، لخصائص المقاطع المخروطية (Coniques) .

II ـ القرن السادس عشر : من الجبر البياني إلى الجبر الموجز

تتحدر فائدة « جامع » (سوما Summa) لوكا باسيولي Luca Pacioli ، بصورة أساسية ،

من قيمته التمثيلية ، ومن دوره التاريخي . واذا كان المستوى النظري لهذا العمل غير مكتمل ، واذا كانت بعض اخطاء الحساب تشوهه ، فبالمقابل ، ان عبقرية مؤلفه الجبرية ملحوظة وبارزة فيه . فبالنسبة الى « باسيولي » ان كل مشكلة ـ مهما كانت معقدة ، اذا امكن ردها الى معادلة من الدرجة الثانية ، ذات جذور حقيقية وايجابية ، ـ هي مشكلة محلولة . من هنا بالذات يدل « باسيولي » على مهمة خلفائه : حل المعادلات ذات الدرجة العالية ، وهي مهمة يدل انجازها على ذروة وعلى نهاية الجبر « الموجز »، كما مارسه هو بنفسه .

الواقع انه الى جانب هذه المسألة ، هناك مسألة أخرى طرحت نفسها على اهل الحساب وعلى علماء الجبر في القرن الخامس عشر : هي مسألة تبسيط وتوحيد القواعد العلميانية ، وكذلك وضع وايجاد تعابير متماسكة وترميز ملائم .

ونلاحظ بغرابة ، عند ملاحقة المهمتين ، نوعاً من « تقسيم العمل ». ففي حين كان يتم في المانيا وضع الترميز الجديد ، ظلت ايطاليا عموماً أمينة للتراث ولكنها حققت تقدماً حاسماً في علم الرياضيات .

الأنسنة وتعليم الرياضيات : رغم هذا لم يختلف الاتجاه العام في الفكر العلمي ، في النصف الأول ، عن الاتجاه السائد في القرن 15 : استعادة العلم الوسيطي والكلاسيكي وانتشاره في طبقات أوسع من السكان . وعلى كل أن هذه الحركة ـ التي تجلت في طبع واعادة طبع مؤلفات الماضي[1] ثم في نشر الكتب باللاتينية وباللغات المحلية ـ تسارعت وتعاظمت ، لأن مكانة ودور الرياضيات في التعليم أخذا يتزايدان بدون توقف ، كما تعاظمت أهمّيتها في وجدان الانسان المثقف في ذلك الحين ،وفي وجدان المطبق الذي يتعلم الرياضيات ليستفيد منها مادياً .

واذا كان تعليم الرياضيات قسما من البرامج في كلية الفنون في الجامعات الوسيطية ، فان مستواه قلّما كان مرتفعاً : من وجهة النظر الجامعية ، ان كبار الرياضيين من القرن الثالث عشر والرابع

(1) من ذلك ان اقليدس Euclide قد نشرت كتبه عدة مرات ، باللاتينية ، وسنداً لعدة تراجم ، في سنة 1533 ، باللغة الاغريقية مع تفسير بروكليس Proclus . وفي سنة 1543 و 1575 بالايطالية . وفي سنة 1564 - 1565 (الكتب التسعة الأولى) بالفرنسية . وفي 1570 بالانكليزية . وطبعت له طبعة بالعربية سنة 1594 . كل هذا دون ذكر الطبعات الجزئية ، للكتب الستة الأولى. وظهر ابولونيوس Apollonius باللاتينية سنة 1537 بترجمة رديئة ، ولكن في سنة 1566 ظهرت طبعة كوماندينو Commandino . وقد نشر ارخميدس Archimede بصورة جزئية من قبل ل غوريكو L.Gaurico سنة 1503 ثم بشكل اكثر كمالاً من قبل تارتاغليا Tartaglia الذي نشر باسمه الترجمة القديمة التي وضعها ج. موربكي G. de Moerbeke سنة 1543 . وباللاتينية ترجمة يعقوب كريمونا Jacopo du Cremona بكاملها ، من قبل فيناتوريوس Venatorius سنة 1544 (مع الطبعة الاغريقية للمبادىء)، وفي ترجمة جديدة من قبل كوماندينو Commandino سنة 1558 . وأخيراً أكمل بابوس Pappus ، سنة 1588 سلسلة الأعمال الرياضية . أما المجسطي لبطليموس سنداً لطبعة 1515 (ترجمة جيرار دي كريمونا ، نقلاً عن العربية) ، فقد نشرت له ترجمة جورج تربيزوند Georges de Trébizonde (راجعها لوكا غوريكو نقلاً عن نص اغريقي (البندقية 1528) ، ثم الاغريقية « للمبادىء » التي أعدها سيمون غرينو (بال 1528) . وقد أعيد طبع ترجمات جيرار كريمونا وجورج تربيزوند عدة مرات بخلال القرن السادس عشر . هذا عدا عن تيودوز ومينيلاوس وايتوسيوس وهرون . الخ .

عشر كانوا قلة ، وفي القرن الرابع عشر والخامس عشر اقتصر تعليم العلوم الرياضية والفيزيائية على قليل من الحساب اللوغاريتمي وعلى قليل من الهندسة ومن علم الفلك، والقليل القليل حقاً .

وفي النصف الثاني من القرن الخامس عشر كانت بولونيا وكراكوفيا تقريباً الجامعتين الوحيدتين اللتين نظمتا تعليم الرياضيات ـ خدمة لعلم الفلك ولعلم التنجيم ـ ومنذ 1460 أصبح لكراكوفيا Cracovie كرسيان مختلفان مخصصان للعلوم الرياضية والفلكية (بما فيها علم التنجيم) . وكان من أهم ممثلي الأعلام في مدرسة كراكوفيا البرت برودزو Albert de Brudzewo . احد اوائل معلمي كوبرنيك Copernic . فقرأ de Coelo لارسطو Aristote وسفيرا Saphara لساكروبوسكو Sacrobosco و Thes ricae novae planeta rum لبورباخ Peurbach . ولكنه علّم أيضاً الرياضيات الخالصة : الهندسة والجبر.

وحوالي أواخر القرن الخامس عشر وفي بداية القرن 16 تغير الوضع تماماً . وانشيء كرسي للرياضيات البحتة في بولونية سنة 1496 من اجل سيبيون دل فرو Scipione del Ferro . وفي سنة 1500 نجد فيها ايضاً كرسيين لعلم الفلك يحتلها سيبيون دي مونتو Scipione de Mantoue ودومينيكو ماريا دي نوفارا Domenica Maria da Novara. وكانت الرياضيات تعلم في توبنجن بعد 1494 . وفي سنة 1510 قام بتعليمها استاذ « عادي » وظهر « عالم فلكي » لا يعلم الا مادته ـ بما فيها علم التنجيم ـ سنة 1494 ، في جامعة انغولستاد . وفي سنة 1524 ، اصبح من يقوم بهذا التعليم بطرس ابيانوس Petrus Apianus «أستاذ عادي لتعليم الفلك». وكان لجامعة ويتنبرغ كرسي للرياضيات منذ تأسيسها سنة 1502 . ثم أصبح هناك كرسيان سنة 1532 . وفتح مركز آخر للرياضيات في فينا ، شهره تعليم بورباخ Peurbach فيه ورجيومونتانوس Regio Montanus : وفي سنة 1501 اسس الامبراطور مكسيميليان Maxemilien الأول فيها « كلية للشعر والرياضيات » ولكنها لم تدم طويلاً ، ومن المحتمل ، على كل حال ان تكون هذه المبادرة قد ساعدت على انشاء كرسيين للرياضيات وللفلك في جامعة فينا . وتبعت الجامعات القديمة ـ هيدلبرغ وارفورت وليبزيغ ـ الحركة ، وإنْ متأخرة وفتحت منابر للرياضيات سنة 1532 في الكلية الملكية في باريس ، وفي سنة 1544 في جامعة كويمبر .

واستمرت الحركة حتى في مجال التعليم الثانوي : وبتأثير مزدوج من الأنسنة ومن الريفورم «الاصلاح الديني »، وبحضور فيليب ميلانكتون Philipp Melanchthon ، وويلبالد بيرك هايمر Willibald Pirck Heimer، فتح منبر للرياضيات في كلية نورمبرغ سنة 1562 . وكان صاحبه الأول جوان شونر Johann Schöner الذي نشر سنة 1533 : « De Triangulis Omnimodis » لرجيومونتانوس Regiomontanus . وتحلق في دائرة بيركهيمر ومكتبته ـ أحد أهم مراكز الأنسنة الألمانية ـ فكران من الأفكار الأصيلة في ذلك الزمن : جوهان ورنر Johann Werner والبرخت دورر Albrecht Dürer.

1 ـ المدرسة الألمانية واصلاح الترقيمات

العمل الهندسي وعلم المثلثات عند جون ورنر Johann Werner : كان جون ورنر Johann Werner (1468 - 1528) كاهناً من نورمبرغ، بدأ حياته العلمية كجغرافي ورسام خارطات . ومن هنا اضطر الى الاهتمام بالرياضيات وبعلم المثلثات. في سنة 1522 نشر في نورمبرغ مجموعة من الأعمال الرياضية وفيها « تأويل . . حول المسائل المتعلقة بتضعيف المكعب » ،ومعه « ليبلوس » Libellus . في هذا الليبلوس ـ وهي أول دراسة اصيلة عن المخروطات في الغرب ـ لم يعالج « ورنر » الا «البارابول والايبربول»[1] ولم يذكر كلمة عن القطع الأهليلجي «إلليبس»، ربما بسبب أن دراسته للمخروطات استخدمت كمدخل لدراسة تضعيف المكعب.وقد عرَّف المخروط ، على طريقة ابولونيوس Apollonius ، وكأنه المساحة المولدة بمستقيم يرتكز على محيط الدائرة ، ويمر بنقطة ثابتة واقعة خارج سطح هذه النقطة، وبالمقابل ان القطوعات المخروطية لا تعامل كرسوم مسطحة ، بل كرسوم مرسومة على المخروط ومنقولة إلى هذه المساحة . « والتأويل . . حول تضعيف المكعب » هو ترجمة حرة ، ومزادة . بملاحظات اصيلة من « تأويل » ايتوسيوس Eutocius ثم أن « ورنر » ألف كتاباً في علم المثلثات الكروية « المثلثات الكروية » مستعيناً بأعمال ريجيو مونتانوس Regiomontanus . وتضمن هذا الكتاب عرضاً لاكتشافه الكبير : اكتشاف البروستافيرسيس Prostapheresis ولطريقةٍ في الحساب اسمها « بروستافيريتيك » وترتكز على المعادلات التالية بالترميز العصري :

$$\sin \alpha . \sin \beta = \frac{1}{2} [\cos (\alpha - \beta) - \cos (\alpha + \beta)]$$
$$\cos \alpha . \cos \beta = \frac{1}{2} [\cos (\alpha - \beta) + \cos (\alpha + \beta)]$$

وهذا الأسلوب يتيح استبدال الضرب بالجمع والطرح وقد وسعه ريتيكوس Rheticus ،وتيكو براهي Tycho Brahé ومعاونوه . وقد أدى للحسابيين في القرن السادس عشر خدمات كالتي تؤديها جداول اللوغاريتم .

وبقي كتاب ورنر Werner غير مطبوع وانتقل الى جورج هارتمن Georg Hartmann سنة 1542 والى ريتيكوس Rheticus الذي استفاد فيه في اعماله واعد طبعة جزئية له اسماها « المثلث الكروي كراكوفيا 1557 » ووجد مخطوط « ورنر» في مكتبة الفاتيكان سنة 1901 فطبعه بجورنبو. A A. Björnbo طبعة منتقِدة .

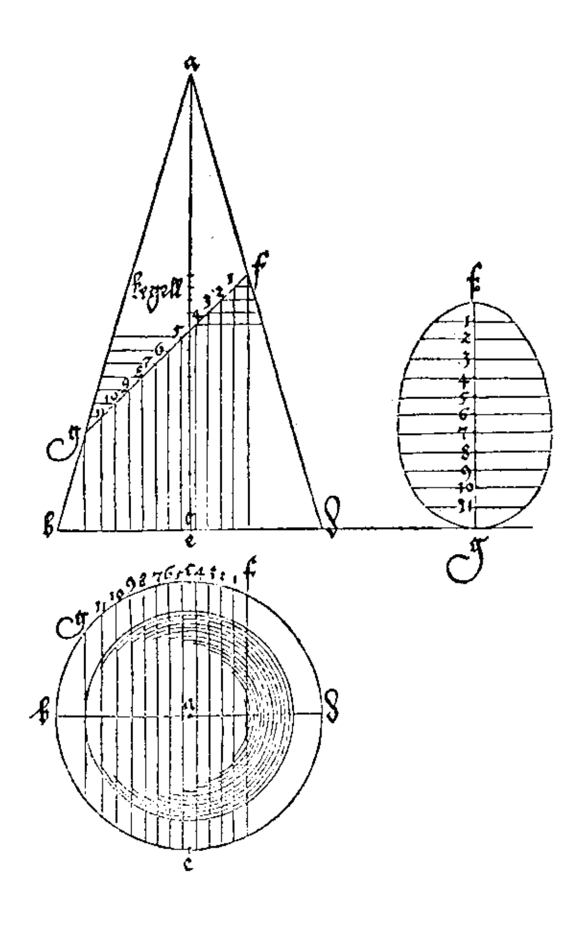
دورر Dürer والرياضيات : لم يكن البرخت دورر Albrecht Dürer عبقرية فذة من مستوى «ليونارد دافنشي». ولكنه كرياضي مساو له . وكتابة « تعليمات كيف نقيس بالبركار والمسطرة » (نورمبورغ 1525) . يحتل مركزاً محترماً في الأدب الهندسي في القرن السادس عشر.

وهذا الكتاب ليس كتاباً نظرياً . بل هو موجه للتقنيين والرسامين والمهندسين المعماريين والى المحترفين ليعلمهم فن خط الرسم الهندسي . ولكنه ليس مجموعة بسيطة من القواعد والمبادىء . انه

(1) البارابول هو القطع المكافىء والإيبربول القطع الزائد .

يطمح إلى ان يكون علمياً فيؤسس الفن ـ أو التطبيق ـ على العلم ولهذا لا يورد المبادىء والقواعد بدون التبيان والشرح . انه اول كتاب علمي تطبيقي وضع بين يدي التقنيين وبسبب قيمته الفكرية العالية احتل هذا الكتاب مكانته ، رغم انه مكتوب باللغة العامية وترجم الى اللاتينية بسرعة .

خصص الكتاب الأول من مؤلف « دورر » « تعليمات حول كيفية استعمال البركار . . » للمنحنيات فقط . فقد كان « دورر » يهتم كثيراً بالحلزونيات ، ربما لأسباب جمالية ، وعلم كيفية رسم الخطوط الحلزونية بواسطة البركار . ودرس أيضاً خطوطاً أكثر تعقيداً مثل ابيسكلوييد والكونكوييد وسماها الصدفة . وهي تتكون بانزلاق مستقيم معين فوق زاوية قائمة بحيث يقطعه أحد اضلاع الزاوية في نقطة معينة . وترسم المخروطات بواسطة النقط ، ولهذا وكذلك لرسم المراوح Hélices



صورة 1 : مصور لمقطع اهليلجي لمخروط دائري من وضع دورر .

استعمل « دورر » أسلوب الاسقاط المزدوج العامودي . . وبدا هكذا وكأنه سلف مونج Monge في الهندسة الوصفية .

أما كتابه الثاني في مؤلفه المذكور فيعلم بناء المتعددة الأضلاع المنتظمة ومنها المسبعات والتُسيعية الأضلاع . . وفي الكتاب الرابع في نفس المؤلف يدرس « دورر » الأجسام المنتظمة ونصّف المنتظمة باسلوب ذكي جداً باعتبارها سطوحاً ينشرها فوق مسطح . وينتهي كتاب « التعلميات » بعرض اختراعين تقنيين لتحسين اساليب الأبعاد عند ألْبرتي ونذكر ان « دورر » نشر كتابين آخرين بخصوص أساليب التحصين ، ولدراسة ابعاد الجسم البشري .

لا مرغريتا فيلوسوفيكا La Margarita philosophica : ندرس الآن الكتب المخصصة « الرجل الشريف » في القرن السادس عشر، هذا الانسان الراضي بالقليل يومئذٍ . لا شك أن جورج فالا Giorgio Valla ، الذي ترجم الى اللاتينية سلسلة من الكتب العلمية اليونانية ، خصص ثلاثة كتب من مؤلفه المسمى « اكسبيدنتيس Des expédentis » (طبع بعد موته في البندقية سنة 1501) للحساب مستنداً على حساب مكسيم بلانود Maxime Planude) كما خصص ستة اقسام من كتابه للهندسة وسار بها ـ لأول مرة في الغرب ـ حتى المقاطع المخروطية . كما قدم أيضاً ترجمة لتفسير ايتوسيوس Eutocius عن أرخميدس Archimède ،وعن تفسير سمبليسيوس Simplicius عن الهليليات عند ابوقراط ولكن كتابه بقي استثنائياً ولم ينجح ابداً. ولكن كتاب « مارغريتا فيلوزوفيكا » لمؤلفه الكاهن غريغوار رَيْش Chartreux Gregorius Reisch بدا في ذلك الزمان أكثر تميزاً (طبع هذا الكتاب سنة 1503 في فريبورغ واعيد طبعه كثيراً خلال القرن السادس عشر مع ملاحق واستدراكات من بعض الناشرين). وفي الصفحات المخصصة للحساب النظري والعملي (وقد خصص حوالي ثلاثين صفحة لكل موضوع) وللهندسة النظرية والعملية ايضاً،لا يقدم لنا رَيْش Reisch (على الأقل بالنسبة الى الأقسام النظرية) الا خلاصات جيدة مأخوذة من كتب كلاسكية كتبها بويس Boèce . ورغم أن «رَيْش» يكتب باللاتينية وليس باللغة العامية ويتوجه الى المثقفين ، رغم ذلك فهو يهتم لا بالنواحي النظرية من هذه العلوم بل بالناحية العملية التطبيقية . والحساب ـ وقد سار فيه حتى القاعدة الثلاثية هو قبل كل شيء العلم او الفن الحسابي : حساب بواسطة الفيشة أو حساب بسالقلم . ويعلم «ريش» الأسلوبين. فيعلم الأسلوب الثاني بشكله العادي وبشكله الستيني (وهذا الحساب ضروري للحسابات الكهنوتية ولعلم الفلك ولهذا علم طيلة القرن السادس عشر) . وكذلك الهندسة : انها قبل كل شيء فن القياس الذي يستطيع ، في تطبيقاته العملية ، الاستغناء عن الدقة النظرية المستحيلة وهذا المفهوم العملي يبدو من خلال الجداول الرمزية التي تزين الصفحات الفاصلة بين الكتب او الأقسام المخصصة لمختلف فروع الرياضيات . وهكذا من بين الأشياء التي تحيط بكتاب « الهندسة » يوجد برميل وفوقه مقياس للسعة تبياناً لاهميتها ، ذلك أن فن قياس سعة البراميل يحتل في المانيا ، من بين التطبيقات الهندسية، مكانة مختارة شبيهة بمكانة الحساب التعدادي بالفيشة في مجال الحساب العملي .

كتب الحساب وتطور الرموز الترقيمية ـ كريستوف رودولف Christoph Rudolff : ان الانتاج الرياضي في القرن السادس عشر ، الغزير (بعض مئات الكتب) يتألف في معظمه من كتب موجزة، لا تقدم اكتشافات مهمة ، ولكنها لعبت دوراً من الدرجة الأولى في تنظيم المعرفة المكتسبة من حيث عرضها وتنظيمها ، وخاصة في المانيا ، في وضع الترميز الجبري .

من بين أوائل الكتب المتداولة في الرياضيات باللغة الألمانية ، خلال القرن 16 تجب الاشارة الى كتب آدم ريز Adam Riese ، معلم مكلف بتعليم الحساب في أورفورت وآنابرغ (1525) . وقد عرف شعبية كبيرة حتى ان اسمه اصبح مرادفاً للحاسب . وهو كان واعياً للصعوبات التي يقترن بها تعلم فن العد بالفيشة المعقد و الدقيق ، وكذلك العد بالأرقام ، ولهذا اعد كتباً واضحة جداً . وأولها كتاب حساب على أساس الفيشة (1518) ادخله في كتابه الكبير (Rechnung) (أورفورت 1522) .

وفي سنة 1550 نشر « ريز » كتابا كاملاً بالحساب « Rechnung » وفيه ينحاز تماماً للحساب بالقلم . هذا الحساب العملي ، الأفضل في القرن 16 كان الأكثر انتشاراً طيلة القرن (38 طبعة طيلة القرن) .

أول كتاب عملي باللغة الألمانية ،كان كتاب « كريستوف رودولف » : « Behend and hubsch» (ستراسبورغ 1525 وأعاد طبعه ستيفل سنة 1553). ولاعداد هذا « الجبر » (coss) استعمل « رودولف » كتاب « ريز » الذي بقي بدون طبع ، وكذلك مخطوطة تعود الى بداية القرن 16 ، تبين كيفية استعمال العلامات + و − من قبل الجبريين . وثار « رودولف » ضد التعقيدات والتكثير من القواعد غير المفيدة . . وكان واعياً جداً لقيمة ولاهمية التدليل ، في الجبر ، بواسطة العلاقات الخاصة بالمقادير وبالعمليات . إلا ان « رودولف » في ترميزه لا يجدد إلا جزئياً . فهو يستعمل عبارات و « اشارات جبرية (cossiques) سبق استعمالها ،مع بعض التغيير ، في عدة مخطوطات المانية من القرن 15 ،حروف ورموز مؤلفة من الأحرف الأولى (الأحرف الغوطية) من اسماءالمثقلات (راجع الصورة 2) :

الصورة 2 ـ إشارات الجبر الكوسي سنداً « لجبر » رودولف (1525) : ثابتة ثم المثقلات التسعة الأولى للمجهول .

φ dragma oder numerus	ß surſolidum
ꝛe radix	zce zenſicubus
ʒ zenſus	bß biſſurſolidum
ce cubus	zzz zenſzenſdezens
zz zenſdezens	ccc cubus de cubo

لقد تخلى « رودولف » عن الحرف R/ وتبنى اشارات خاصة منها استتو ترميزنا ، وبهذا بدا اكثر ثورية :

جذر رباعي √ جذر تكعيبي ∛ جذر تربيعي √√ .

إنّــه ترميز ناقص ولا شك وقد حاول ستيفل Stifel أن يحسنه .

وقد تميز كتاب بتروس ابيـانوس Petrus Apianus (= بينيفـتز أو بينيوتيـز Bienevitz ou Benewitz) (Eyn Newe und Wolge gründte) (انغولستاد 1527) ، من جهة لأنه مثل شوكيه Chuquet وربما بتأثير منه حدد عند الصفر أول حد من حدود التضاعدية الحسابية التي وضعها متطابقة مع عدة تصاعديات هندسية . وقد ركز على أمر هو من أجل ضرب اعداد هذه السلسلة فيما بينهـا يكفي جمع مثقـلاتها « Exposants » (الحـدود المقابلة في السلسلة الحسـابية) وقـد سمـاهـا « التواقيع أو المـؤشـرات » . ومن جهة اخرى، وهذا ما اعطى لكتابه أهمية اكيدة في تاريخ الرياضيات الأوروبية، عـرض ابيـانـوس Apianus في كتـابـه المثلث الحسـابي المسمـى مثـلث بـاسكـال (Pascal) . والـذي عـرفهـا العـرب والصينيـون منـذ زمن بعيـد (راجـع مجـلد واحـد القسم الثالث ، الفصلان 2 و4) والذي جهله الغرب حتى ذلك الحين . والاهتمام المبذول بارز بفعل أنه أعاد ابـرازه أي المثلث الحسابي عـلى الصفحة الخـارجية من كتـابه . وقبـل أن يدرس بشكـل منهجي من قبل « باسكال » (1654) أعاد كثيرون رسم هذا المثلث الحسابي خلال القرن السادس عشر والسابع عشر ، ومنهم ستيفل Stifel ، وشيبول Scheubel في المانيا ، وبيلتيه Peletier في فرنـا وتارتغليا Tartaglia وبومبللي في إيطاليا واوترد Oughtred في انجلترا .

والعمل العلمي عند ابيانوس Apianus متنوع جداً ، فقد اعاد نشر « Ponderibus » لمؤلفه جوردان نموراريوس Jordanus Nemorarius (1533) كما أعاد طبع التيوريكالبورباخ Peurbach (1534) والأوبتيكالويتلو Witelo (1535).أما كتابه كوسموغرافيا Cosmographia (لاندشوت 1524) المعاد طبعه من قبل جمّا فريزيوس Gemma Frisius سنة 1533 فقد أعيد طبعه كثيراً وترجم خـلال القرن السادس عشر . وأما كتابـه حول الفلك التنجيمي (انغولستـاد 1540) فهـو مخطوط مدهش تبدو فيه عملية تحركات الكواكب من خلال رسوم متحركة رائعة . ونشر ابيانوس Apianus سنـة 1533 أول جـدول للجيـوب Sinus المطبـوع (الـزاويـة من صفـر إلى تسعـين متغـيرة من دقيقـة إلى أخـرى بـاعتبـار الشعـاع Sinus totus يعادل 10^5) مستـعمـلا مخـطوطـات رجيـومـونتـانـوس Regiomantanus الـذي نشـر شـونـر Schöner جـداولـه سنـة 1541 . وتضمن كتـابـه المسمى انسترومانت بوش Instrument Busch (انغولستـاد 1533 ، ترجمة لاتينية 1534) وصفاً لآلة تحدد تلقائياً الجيوب والجيوب المقلوبة في زوايا الربع الأول من أصل أرباع الدائرة .

كان جما فريزيوس Gemma Frisius (1508 - 1555) استاذاً في لـوفان ـ واشتهـر بأنـه أحد الأوائل الذين اقترحوا تحديد خطوط الطول بواسطة الفرق بين الأزمنة المحلية ، وبـأنه كـان الأول في اقتراح تحديد المسافات بين نقطتين بواسطة تثليث حقٍ (1533 . ولكنه في زمنه اشتهر قبل كـل شيء بكتابه ارثميتيكا أو الحساب الميسر باساليب سهلة(انفـرس 1540) . وهـذا الكتاب هـو أكثر الكتب الجامعية شعبية في القرن السادس عشر (60 طبعة قبل 1600 وطبعات كثيرة في القرن السابع عشر) . وقد مدحه معاصروه لوضوحه وبسـاطته خاصة فيما يتعلق بعملية استخراج الجذور الصعبة .

مؤلفات ستيفل Stifel : أنَّ ميشيل ستيفل Michael Stifel (1487 - 1567) الذي وضع ارتميتيكا انتجرا Arithmetica integra (نورامبورغ 1544) والذي كتب له ميلانكثون Melanchthon مقدمته، دوتش ارتميتيكا Deutsche arithmetica (1545)؛ ثم طبعه طبعةً ثانيةً وزاد عليه من كوس رودولف Coss Rudolff (1553-1554)، يعتبر مع جون ورنر Johann werner واحداً من الرياضيين الألمان الأكثر نبوغاً في عصره . وهو يجد الميل الى التبسيط والى المنهجة في النظرية وفي الترميز ، خاصية في الرياضيين الألمان يومئذٍ . وبرزت هذه الخاصية فيه بشكلٍ حاسم واضح، وستيفل Stifel لم يكن محاسباً محترفاً ولا جامعياً ، بل كان متعصباً للوثر Luther ، وظل لسنوات طويلة واعظاً متجولاً باسم الإصلاح الديني ، وقد جذبته في بادىء الأمر صوفية الأعداد . وكان كتابه الأول (1532) يتضمن تنبؤا مبنياً على تفسير نبوءات دانيال Daniel تفسيراً عددياً، بالتاريخ وحتى بالساعة التي ينتهي فيها العالم (في سنة 1532) ولكن فشل هذه النبؤة وتوبيخ لوثر Luther له حملاه ـ لفترة قصيرة ـ على دراسة الرياضيات البحتة، وبصورة خاصة دراسة كوس لرودولف Rudolff ، ثم أعمال نقولا دي كوي Nicolas de Cues، وريز Riese ، ودورر Dürer ، وكاردان Cardan . فضلاً عن ذلك وصلت إليه بعض تصورات شوكيه Chuquet .

والشيء الملفت في كتابه ارتمتيكا Arithmetica integra لسنة 1544 ، هو الأهمية التي يعلقها « ستيفل » على دراسة التصاعديات (الحساب والهندسة). فهو لم يكتف بتخصيص فصل من كتابه لهذه التصاعديات بل فسرها مرتين بان الرابط بين هاتين التصاعديتين يتضمن مفتاح كل الحساب وكل الجبر . وكانت اصداء هذا التصور المأخوذ عن شوكيه Chuquet موجودة هنا وهناك في كتب الجبر ولكن أياً منها لم تكن عنده الشجاعة لاتباعها حتى النهاية ، وبالتالي تطويل السلسلة الحسابية في مجال الأعداد السلبية . ولكن « ستيفل » قام بالأمر بدون تردد . واعتبر الأسس السلبية ـ والى « ستيفل » يعود الفضل في تسمية كلمة Exposant ـ تتطابق تماماً مع الأسس الايجابية . وارتدت السلسلتان عنده الشكل التالي:

.....	—3	—2	—1	0	1	2	3	4	5	.....
.....	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	1	2	4	8	16	32	.....

ويوضح « ستيفل » ان السلسلتين يمكن أن تمددا الى اللانهاية .

ويعالج كتاب الأرتميتيكا الأعداد الصحيحة (ذات الجذر الصحيح) والأعداد غير الجذرية كما يعالج الجبر . ولاستخراج الجذور يستعمل « ستيفل » بصورة منهجية « المثلث الحسابي »، ويحسبه حتى السطر السابع عشر ، ويضيف أن قاعدة التكوين تسمح بمد الجدول حتى اللانهاية . واستند الى اقليدس Euclide فقال بأن الأعداد غير الجذرية ليست اعداداً بحق . لا شك أن لها شيء من الواقع إلّا انها ترتدي نوعاً من اللاتناهي وبالتالي من اللامحدودية ، وهي مثل العدد اللامتناهي ليست

اعداداً حقة . وقد نقل « ستيفل Stifel » هذا التصور الى الهندسة مقتفياً اثر نقولا دي كوي Nicolas de Cues ، فميز بين الدائرة الرياضية والدائرة الفيزيائية لاختلاف الخصائص بينهما .

وفي الكتاب 3 حاول « ستيفل » متمشياً مع الاتجاه الذي طرحه رودولف Rudolff ، وربما متأثراً بمنحى كاردان Cardan ان يقلص تعدد القواعد الكوسية وان يستبدلها بقاعدة واحدة يمكن ان تلخص كما يلي : من اجل حل مسألة معينة يجب وضع معادلة بابسط حالتها (أي الحالة التي يكون فيها الحد ذو الدرجة العليا من المجهول في جهة ، وكل الباقي في جهة اخرى) ثم قسمة المعادلة على معامل (Coefficient) هو المعامل ذو الحد الأعلى،ثم استخراج الجذر التربيعي من التعبير المعادل للمجهول .

وبساطة هذه القاعدة ظاهرية اكثر مما هي فعلية وبعدها تظهر الاشكال التقليدية في الأمثلة . وبهذا الشأن لا يقبل « ستيفل » معادلات تكون فيها الحدود الايجابية مساوية لحدود مزودة باشارة سلبية ،كما انه يرفض الجذور السلبية في المعادلة . وهذا الرفض يبدو غريباً لأن « ستيفل » في امكنة أخرى لا يرفض الأعداد السلبية .ولكن هذه في نظره ليست اعداداً حقة بل اعداداً مستحيلة ما دمنا نفترضها أقل من الصفر .

وينتهي كتابه بسلسلة من المسائل الصعبة مأخوذة غالباً عن براكتيكا ارتميتيكا (1539) الذي وضعه كاردان Cardan وهي تؤدي احياناً الى معادلات من الدرجة الثالثة أو الرابعة . ويجاري «ستيفل » وهو يستعمل الاشارتين + و ـ ، «رودولف» في ترميز الدالة الأسية (Puissances) . ويعتمدالاشارة √ وكأنها المعادل لـ Rx وتعني جذر ولكنه يضيف اليها اشارة كوسية لكي يدل على مرتبتها وهكذا يعتمد : √̄ و √̇ و√̄ للدلالة على ,√𝔷 و ,√𝔠 و √𝔷𝔷 . ويبدو أن « ستيفل » أراد أن يبرز التطابق بين القوة والجذر .

وفي الدوتش ارتمتيكا يعتمد « ستيفل » ترميزاً قريباً من ترميز « رودولف » ولكنه في الطبعة المعادة لكتاب كوس COSS لـ « رودولف » عاد الى ترميزه الخاص، الذي بسّطه في حالة الجذر التربيعي ، فكتب √ بدون اشارة فوقها . وهذا الاستعمال شاع بعده . وانتشر ترميز « ستيفل » بسرعة ، في المانيا كما في فرنسا وفي انكلترا وحتى في ايطاليا .

وفي المسائل التي تبدو فيها عدة مجهولات ، يسمى « ستيفل » هذه المجهولات : جذراً ثانياً ، ثالثاً ، الخ ويشير اليها بالأحرف .A,B,C مكررة عدداً من المرات يعادل الدرجة التي تعطي رقماً يوضع فوق مجموع الحروف .

وهكذا نكون على عتبة الترميز العصري ، ويمكن التعجب من عدم تخطي « ستيفل » لها ـ خاصة ان فكرنا بالتطابق الذي يجريه بين الأعداد والأسّيات أو القوى Puissances ، وبالدلالة على المجهولات بالحروف ، ويدلنا عجزه عن القيام بالخطوة الحاسمة ، إلى أنه كي ينتقل من الترميز المجتزأ «Syncopée» الى الترميز الرمزي ، كان عليه أن يتخطى صعوبة أساسية : النجاح في تجريبا

العمليات من الأشياء التي تطبق عليها ، أو تتناولها ، وجعلها مواضيع خاصة فكرية خالصة .ولن نعجب إذن من ضرورة وجود شخص مثل فيات (Viète) أو حتى مثل ديكارت Descartes ،ليقوم بهذا العمل الواعي .

2 ـ المدرسة الايطالية وتجديد الجبر

الكتب : في هذا القسم الأول من القرن السادس عشر ، وفيه حاول الرياضيون الألمان ان يبسطوا القواعد الجبرية ، ووضع نظام ترميزي اكثر تماسكاً واكثر منهجية ، كان الانتاج الرياضي الايطالي فقيراً نسبياً . فأعيد طبع كتاب بيترو برجي Pietro Borghi (ثلاث طبعات في القرن 15 و 12 في القرن 16) وكتاب « سومّا Summa » لباسيولي Pacioli . ومن بين الكتب الجديدة يشار الى كتب جيرولامو Girolamo وجيان انطونيو تاغليانتي Gian Antonio Tagliente (أوبرا شي . . . Opera Che) البندقية 1515، فضلاً عن 30 طبعة في القرن 16) لكتاب فرانسيسكوفليسيانو دا لزيزو Francesco Feliciano da Lazesio (ليبرو دي اباكو ، Libro de Abaco البندقية 1517) ، وفرانسيسكو غاليغي Francesco Ghaligai (فلورنسا 1521) .

ان اياً من هذه الكتب لا يأتي بشيءٍ جديد ، ويحاول كتاب غاليغي Ghaligai أن يدخل ترميزاً جبرياً بواسطة الرسوم الهندسية ، الصعبة الاستعمال ، ولكن هذا الترميز لم ينجح . وظلّ الرياضيون الايطاليون امناء كلياً لنظام باسيولي Pacioli ، ولم يتقدموا خطوة الى الامام الا مع بومبلي Bombelli.

الانتاج الجبري في المدرسة الايطالية : وكما سبق القول ، ظهرت في ايطاليا ، تباعاً ، سلسلة من الرياضيين المرموقين : Scpione del Ferro, Tartaglia, Cardan, Ferrari, Bombelli الذين لم يستطع جماعة ما وراء الألب ، حتى ستيفن Stevin وفيات Viète ، مباراتهم ولا مجاراتهم ، وبواسطة هؤلاء حصل الاختراق الذي حمل العلم الغربي الى افاقٍ لم يصلها لا الأقدمون ولا العرب والذي حوَّل الجبر من « مجتزأ » الى جبر رمزي . هذا التقدم الحاسم هو حل المعادلات من الدرجة الثالثة والرابعة من قبل فررو Ferro وتارتغليا Tartaglia وكاردان Cardan وفراري Ferrari . ويبدو لنا أنه من الطبيعي ، بعد الحصول على حل للمعادلة من الدرجة الثانية ، انتقل الفكر الرياضي للبحث عن حلول للمعادلات من درجات اعلى، ويلزم لذلك الكثير من العبقرية ومن الشجاعة ، لرياضي في مطلع القرن 16 لكي يسير في طريق لم يسبقه فيها أحد، بحيث يكون محقاً ان يعتقد انها غير سالكة .

الصراع حول المعادلة من الدرجة الثالثة ومحركوها الأوائل : يعتبر تاريخ اكتشاف حل المعادلة من الدرجة الثالثة مشهوراً من بين الجميع . انه تاريخ أول معركة علمية كبيرة ، معركة متعبة وعقيمة تشبه الخصومات التي كانت تدور حول الأفضلية والتي كانت تسمم جو«جمهورية الآداب » في القرن السابع عشر والقرن الثامن عشر . وهذا التاريخ بقي رغم الدراسات العديدة التي خصصت له ، غامضاً نوعاً ما : فالمستندات الأساسية تنقصنا ، اما الشهود على القضية وهم شهود لصالح انفسهم ، مثل

« تارتغليا » و « كاردان » و« فيراري » ، قلما يوحون بالثقة المطلقة . والمحرك الأول لهذه المأساة : سيبيون دلفيرو Scipione del Ferro (1465-1526)غير معروف لدينا إلا أنه كان استاذاً فيجامعة بولونيا من سنة1496 الى 1526 . امانيكول تارتغليا Niccolo Tartaglia فكان رجلاً صعلوكاً. ولد في برسيا حوالى 1500 . وفي 1512 جرح في رجهه اثناء نهب مدينته من قبل جيش غاستون دي فوا Gaston de Foix . وظل لمدة طويلة يمنعه الجرح وتفاعلاته من حسن لفظ الكلام . ومن هنا لقبه تارتغليا العِيّ Tartaglia (le bègue) . وهذا اللقب لازمه طول حياته . لم ينتسب الى أية جامعة ولكنه أعطى دروساً عامة وخاصة في فيرونا ومانتو والبندقية حيث استقر سنة 1534 . ومات سنه 1557 .

أما جيروم كاردان Jérôme Cardan (Gerolamo Cardano) فشيء آخر . لقد كان شخصية بارزة . وابناً بحق لعصر النهضة الايطالي حيث كان طبيباً وفيلسوفاً ومنجماً ورياضياً وربما ساحراً ، وكاتباً غزيراً ، ولا أحد مثله يمثل عبارة سيناك الشهيرة nullum unquam magnum ingenium sine mixtura dementiae كما يقول جينولوريا Ginoloria . ولد كاردان في بافي سنة 1501 . ودرس فيها وفي بادو حيث تخرج طبيباً . وقد ذاع صيته في أوروبا كطبيب . وعلم على التوالي في ميلان وبافي وبولونيا ، ولم يترك امكنته هذه الا بعد حوادث مأسوية نوعاً ما . وفي سنة 1571 لجأ الى روما حيث حصل على معاش تقاعدي من البابا ومات فيها سنة 1576 .

أما ليدوفيكو فراري Ludovico Ferrari فهو التلميذ الذي يليق بكاردان Cardan ، فقد كان مّقامراً ملحداً متحللاً . رافق « كاردان » ثم أصبح تلميذه . ولد هذا العبقري في الرياضيات سنة 1522 . وفي سِنْ الـ 23 وجد حلاً للمعادلة من الدرجة الرابعة ، وكان سنه 21 سنة حين حصل على منبر في ميلان ،ثم كلف بضبط المساحة في دوقية ميلان . وترك هذا المركز وذهب الى بولونيا حيث نال سنة 1565 لقب دكتور .وحصل على منبر فيها حيث مات في نفس السنة بعد أن سمّمت له أخته على ما يبدو .

الاكتشافات الأولى ـ في بداية القرن 16 عثر سيبيون فرو Scipione del Ferro على حل لشكل من اشكال المعادلة من الدرجة الرابعة وهي $x^3 + ax = b$. ولم ينشر هذا الحل ولم يعممه الا لبعض خاصته شرط كتمانه وكان منهم أشهر تلاميذه المعروفين انطون ماريا فيور Anton Maria Fior . وتحدى « فيور » «تارتغليا» لمبارزة في الرياضيات طرح عليه فيها سلسلة من المسائل تعود الى معادلة « فرو » وكان «تارتغليا» قد عرضت عليه منذ عدة سنوات مسائل مشابهة من قبل شخص اسمه زيان دي كوا Zuanne da Coi ، وفهم عندئذ ان هناك حلاً للمسألة . وبجهد خارق استطاع ان يعثر على حل قبل أيام من نهاية المسابقة ، كما اكتشف حلاً للمعادلة : $x^3 + a x^2 = b$. وهذا ما مكنه في النهاية من حل 30 مسألة مطروحة وبسهولة خالصة . اما المسائل التي طرحها «تارتغليا» على « فيور » فيقول « ترتغليا » ان هذا الأخير عجز عن حلها . والأمر الغريب ان «تارتغليا» بدوره كتم

السر ولم ينشر اكتشافه العظيم . وكتابه نوفا سينتا La Nova scientia الذي نشره سنة 1537 عالج مسألة القاذفات ولم يبحث في الجبر.

تدخّل كاردان : عندها دخل كاردان Cardan في اللعبة . وفي سنة 1538 أعلم «تارتغليا» أنه يعد كتاباً عن الجبر وطلب منه ان يعطيه « القاعدة ». ووعده ان لا ينشرها الا باسم مبتكرها . ولكن «تارتغليا» رفض .

وكان كتاب كاردان Cardan بركتيكا ارتمتيكا Practica Arithmeticae (ميلانو 1539) كتاباً من الدرجة الثانية ، ولكن « كاردان » بدا فيه جبرياً ذكياً لا يبارى . ونشير الى معالجته الكاملة للتصاعدية الحسابية والهندسية والى سلاسل الأُسيات Puissances . وفيه قبل بالأرقام وبالجذور السلبية ، لأول مرة بعد «شوكيه»، حيث اعتبرها شرعية ، أما الحالة الخيالية فقد أعلن انها مستحيلة فقط . وخصص فصلاً لمسألة الأقسام Les partis . ويقدم لها «كاردان » حلاً يختلف عن حل « باسيولي » ولكن اكثر تعقيداً وخطأ ايضاً . اما ترميزاته المأخوذة من « باسيولي » فأكثر تعقيداً ، ولكنه عالجها بمهارة ملحوظة . ولكن الشيء الذي يثير الاعجاب ، هو مهارته في معالجة المسائل الخاصة المعينة مثل اختيار المجهول ، والتحويل الى معادلة ، ثم استخدام المقادير الإضافية . فضلاً عن ذلك درس عدداً من المعادلات من الدرجة الثالثة حولها الىمعادلات تربيعية باكمالها أو بتفكيكها الى عناصر أو عوامل .

واهتمامه بهذه المعادلات يفسر مسعاه العقيم لدى«تارتغليا»، الا أن «كاردان» لم ييأس وكرر محاولاته حتى استجاب له «تارتغليا» واعطاه الحل انما بشكل شعر منظوم . وعرف هذا الحل باسم «صيغة كاردان» . ويقوم ، (من اجل حل المعادلة $x^3 + px = q$) على ادخال مجهولين اضافيين v وu بحيث أن uv يساوي $(p/3)^3$ و $q = u - v$، وينتج عن ذلك أن :

$$x = \sqrt[3]{u} - \sqrt[3]{v} = \sqrt[3]{\frac{q}{2} + \sqrt{\left(\frac{q}{2}\right)^2 - \left(\frac{p}{3}\right)^3}} - \sqrt[3]{\frac{q}{2} - \sqrt{\left(\frac{q}{2}\right)^2 - \left(\frac{p}{3}\right)^3}}.$$

ويطبق تغيير أو تبديل في المتغيرات مماثل ، على المعادلة: $x^3 = px + q$

وفي سنة 1539 رفض «تارتغليا» الاجابة على أسئلة تتعلق بالحالة المسماة « مستعصية » والتي عنوانها اللا معادلة التالية $\left(\frac{q}{2}\right)^2 < \left(\frac{p}{3}\right)^3$ التي تجعل التعبير :

$\sqrt{\left(\frac{q}{2}\right)^2 - \left(\frac{p}{3}\right)^2}$ مستحيلاً (خيالياً) .

وقد لاحظ « كاردان » عندئذ أن المعادلة تقبل في هذه الحالة حلاً بل وثلاثة حلول صحيحة .

الفن الأسمى «آر ماغنا» : اصدر « كاردان » كتابه آر مغنا بعد أن اعتقد أنه تجاوز في نظريته « تارتغليا » (نورنبورغ 1545) دون ان يخبر « تارتغليا » بالأمر . وفي هذا الكتاب عرض « كاردان »، في ما عرض ، الحلول للمعادلات من الدرجة الثالثة . وعزا ابتكارها الى سيبيون Scipione del Fer-

ro والى «تارتغليا» . وفيه يذكر كل الأشكال الممكنة لهذه المعادلات التي يعالجها بموجب امثلة رقمية ووفقاً لأساليب قريبة جداً من الأساليب التي نتبعها نحن .

وحول بعض هذه الأمثلة يلاحظ أن مجموع الجذور يعادل معامل الحـد Terme من الدرجة الثانية ، في حين ان ناتجها يعادل الحـد الثابت ، مفتتحاً بهذا النظرية الحديثة في المعادلات الجبرية .

نشير أيضاً ، أنه لأول مرة في الغرب ، يعالج « كاردان » الحل المقارب للمعادلات العدديـة ، وانه رغم رفضه قبول الأعداد السلبيـة كاعـداد « حقة »، لم يتـردد في اجزاء حسـاب بواسـطة جذور الأعداد السلبية (اعدادنا التصورية الخيالية) . وان لم يستفد أية افادة من هذا الحدث، العجيب رغم كل شيء وهو أن « العدد الحقيقي يتولد انطلاقاً من المستحيل » ،في حين أن بومبلي Bombelli سوف يفهم كل أهميته بعد عدة سنوات .

ويتضمن « آر مغنا Ars Magna » ايضاً عرضاً لاكتشـافات فـراري Ferrari المتعلقة بحـل المعادلات من الدرجة الرابعة ، بواسطة طريقة اصبحت اليوم كلاسيكية .

وفي السنـة التي تلت اجـاب « تـارتغليـا » في كتـابـه « مسـائـل وحلول » « Quesitis et inventioni » (البندقية 1546) واتهم«كاردان» بأنه لم يزد على أن كشف عن أساليب اعطاه هو اياها بشرط السرية . فرد فراري Ferrari بمقالة عنيفة (كارتلودي سفيدا 1547) حيث اتهم « تارتغليا » بأنه سرق « دل فرو » وتحداه في الرياضيات . ورد « تارتغليا » بمقالة جوابية (ريسبوستا) اتبعها بستة كارتلي Cartelli وستة اجوبة متتالية ، دونما فائدة سـوى اظهار بـراعة الخصمـين في حلول المسائـل المتنوعة .

المنشورات الأخيرة عنـد تارتغليـا Tartaglia وكاردان Cardan: يعتبـر « الكتاب العـام في الأعـداد والمقاييس » « General Trattato » (البنـدقية 1556 - 1560) وهـو مـطبـوع بعـد وفـاة « تارتغليا » عملاً ضخماً (6 أقسام) مبنياً على نموذج «السوما Summa» لباسيولي Pacioli ، ولكنه معروض بوضوح أكبر . ويبـدو أن المؤلف أراد ان ينافس « كـاردان » ويباريـه . كما أن اثـر ستيفل Stifel فيه بارز واضح. واستعمل المثلث الحسابي في حساب تحليـلي توافيقي Combinatoire وفي البحث عن جذور الاشارات indices العليا .

أما « كاردان » فالأعمال الرياضية التي نشرهـا بعد « آر مغنـا Ars magna » لم تلاق نجـاحاً كبيراً ، وظهور « الجبر » « لبومبلي » سنة 1572 ، جعلها عتيقة تماماً . ولكن نـلاحظ في «الآرمغنا» (تاريخ غير مؤكد) وجود استباق لقـاعدة اشارات الجـذور التي قال بهـا « ديكارت »، وفي كتـاب (Opus novum di proportio...) (1570) مناقشة حول زاوية الامكان (Contingence) . وفي كتاب سوبتيليتت Subtilitate « نورنبورغ 1550 ، وبعدها الكثير من الطبعات والترجمـات » اعتمد «كاردان» وجهة نظر كامبانوس Campanus وبموجبها تبدو زاوية الامكان ، وهي اصغر من كل زاوية مستقيمة ، وكأنها تقدم مثلاً عن قيمة صغيرة جداً موجودة بالفعل لا بالقوة . هذا التصـور المضلل ـ

المحارب من قبل جاك بلّتيّه Jacques Peletier الذي اكد بحق ، سنة 1559 ، أن هذه الزاوية عدم ـ عاد اليه كاردان Cardan في هذه المعالجة الجديدة . ونشير اخيراً الى محاولة ، نشرت بعد موت « كاردان »، سنة 1663 في كتاب Opera Omnia (ليون 10 مجلدات)، يدرس فيها « كاردان » تحت عنوان ليدو آليا (De Ludo aleae) عبر تجربته كمقامر في لعبة الكشاتبين، الاحتمالات القائمة في مختلف الضربات ، الخ . وهكذا ساهم في حساب الاحتمالات .

بومبلي Bombelli وجبره : بلغ الجبر الايطالي مع « بومبلي » أوْجه الأعلى . وكان صاحبُ « الجبر » الشهير : (L' algebra, parte maggiore dell'aritmetica, divisa in tre libri) هو الأول ، وظل كذلك لمدة طويلة ، الرياضي الوحيد الذي تجرأ على قبول « وجود » الأرقام الخيالية ، وبالتالي تقديم بعض الضوء على احجية « الحالة المستحيلة الحل » في المعادلات من الدرجة الثالثة . وكتب بومبلي Bombelli ، بحكم مهنته كمهندس تخطيط مائي ، من بولونيا (الايطالية) ، بين 1557 و 1560 نسخة اولى من كتابه الذي وجده ونشره ي . بورتولوتي E. Bortolotti (1929) . فبعد ان قام «بومبلي » بترجمة مخطوطة عن « حساب » ديوفانت Diophante تأثر بها بعمق ، وطبعت روح هذه المخطوطة الصيغة المكتوبة لكتاب «الجبر» الذي نشر في بولونيا سنة 1572.

يقسم كتاب « الجبر » الى ثلاثة أبواب (كتب) : الأول مخصص لحساب الأسّيات Puissances والجذور .في مخطوطة 1560 رُمِزَ الى الجذور بالعلامة المعتادة /R، أما مرتبتها فتظهر من الأسّ R̷ Exposant ، $R̷^3$ و$R̷^2$ وذلك دلالة على $\sqrt[3]{}$ و $\sqrt{}$. أما في النشرة المطبوعة ، فقد عاد « بومبلي » للأسف ، الى النظام الاختصاري المعتاد $R.q.$ للدلالة على $\sqrt{}$ و$R.c.$ للدلالة على $\sqrt[3]{}$. أما التعبير الذي يتناول استخراج الجذر فيحاط إما بخطوط مستقيمة (في المخطوطة) أو بالرموز ⅃ و L وهما اشارتان تقومان مقام الهلالين . عندنا (في الكتاب المطبوع)

$$R̷^3 \underline{|\, 52.p.R̷ \underline{|\, 0.m.2209 \,|} \,|} \quad \text{تساوي} \quad \sqrt[3]{52+\sqrt{0-2209}}$$

$$R.c.\mathrm{L}.71.p.R.q.1088 ⅃ \qquad \sqrt[3]{71+\sqrt{1088}}$$

أما الجمع والطرح فيدل عليهما بحرف p=زائد وm=ناقص والضرب بكلمة (***via***) والنتيجة بكلمة ***fa*** .

وزيادة وخارجاً عن بعض التقدم التفصيلي ، قدم « بومبلي » الجبر خطوة الى الامام ذات أهمية لا تقدر قيمتها . ففيما خص « الحالة المستحيلة الحل » في معادلة الدرجة الثالثة ، قرر أن يتعامل مع الجذور التربيعية للأعداد السلبية ، فطبق عليها القواعد الموضوعة لحساب جذور الأعداد الايجابية . واعتبر جذر العدد السلبي كحاصل أو ناتج عن ضرب جذر قيمته المطلقة بجذر العدد (1 −) أي بالفرق (0 − 1) .

$$\text{ou } \textit{piu di meno}\ R̷ \underline{|\, 0.m.1 \,|} = \sqrt{0-1}\ \ p.di.m.$$ ونحن نرمز اليها بحرف i

أما : *meno di meno* أو *(m.di.m.)* فنرمز اليها بـ $\sqrt{0-1}$ — أي بـ i - .

وقواعد الحساب مع هذه الكائنات الرياضية الجديدة تتوافق مع القواعد التي نتبعها ، باستثناء ان « بومبلي » يكتب المعامل بعد الرمز (p. di m . 2 pour 2 i) لا شك أنه دفع الى هذا التجديد الثوري ، بفعل بعض المقاطع عند « كاردان » و «تارتغليا». الا ان الأصالة العميقة في فكر « بومبلي » بارزة بفعل أن « كاردان » نفسه ، بعد نشر « الجبر » أثار الاعتراضات ضد امكانية التعامل حسابياً بواسطة هذه الأعداد « المعقدة » . ويظهر تأثير ديوفانت Diophante في الكتاب 2 من « الجبر » الذي يتضمن النظرية الكاملة للمعادلات من الدرجات الأربع الأولى . وعلى هذا فالمجهول يسمى « تانتو » أو « كانتيتا » ؛ والمربع « بوتنزا » . والأس (Puissance) العام ، يسمى ، « ديغنيتا » تمشياً مع « تارتغليا » . أما علامات او رموز «الأسّيات»، فتشبه رموز شوكيه Chuquet وهي من النمط «الأسي» انما دون تصوير للمجهول : والتثقيل « L'exposant» يرمز اليه في نصف دائرة موضوعة فوق الأسّ المقابل : أي أنه يرمز إلى المعادلة $x^3 + 4x^2 - 3$ بالتعبير $1.p.4.m.3$

وهو استعمل قاعدة ضرب «الأسّيات» عن طريق جمع المثقلات (exposants) ، في حين يجهل « بومبلي » المثقل صفر والمثقلات السلبيه وهكذا يبدو متخلفاً عن ستيفل Stifel . ثم أنه قد تضايق من جراء عدم ابرازه المجهول برمز ، ولا الكميات المعروفة بأحرف ، ولهذا عجز عن كتابة معادلة أو صيغة عامة . وهناك حد آخر لفكرته يقوم على تجاهله أهمية العدد السلبي . وقد تبع التراث حين اصر ان تكون كل الحدود (Termes) ذات قيمة او اشارة ايجابية . ولهذا فانه يميز بين الأشكال الكلاسيكية الثلاثة لمعادلة الدرجة الثانية وبين الأشكال الستة (ترينوم) للمعادلة التكعيبية :

$$x^3 + px = q; \qquad x^3 = px + q; \qquad x^3 + q = px;$$
$$x^3 + px^2 = q; \qquad x^3 = px^2 + q; \qquad x^3 + q = px^2,$$

وعالج الثلاثة الأولى باسلوب « تارتغليا » ورد الثلاثة الأخيرة الى الثلاثة الأولى بادخال المجهول الاضافي$x = 1/x$. ويتيح تدخل الأعداد الخيالية حل « المسألة المستعصية »، في حين تردُّ المعادلة الكاملة (ذات الأربعة اعداد أو حدود) . سنداً « لكاردان »، الى الشكل الثلاثي (ترينوم) بواسطة مجهول اضافي . اما معادلات الدرجة الرابعة (ولها 44 شكلاً) فتعالج بأساليب فراري Ferrari ، وذلك باختزال المعادلة الكاملة الى معادلة ذات اربعة حدود (بدون الحد x^3) .

وبراعة « بومبلي » تبرز في حل المسائل التطبيقية ، وهي مسائل تعرض بشكل محدد في الصيغة المخطوطة ، وبشكل تجريدي في الكتاب النهائي ، حيث تقرن هذه المسائل بامثلة جديدة مأخوذة عن ديوفانت Diophante . نشير أخيراً الى أن الكتاب 3 يتضمن محاولة معالجة هندسية لمسائل في الجبر .

موروليكو Maurolico : انتجت ايطاليا اضافة الى هؤلاء الجبريين العظام ، في القرن 16، بعض الرياضيين الكبار ومنهم موروليكو Maurolico ، وبندتي Benedetti وكوماندينو

Commandiano واليهم يضاف كلافيوس الذي ، وإن كان المانياً بالمولد ، عاش وعلم في ايطاليا .

كان فرانسيسكو موروليكو Francesco Maurolico (1494 - 1557) من مسين ، وكان أحد اغزر الأدمغة في زمنه ، فكان رياضياً ، وميكانيكياً ، وعالم بصر ، ومؤرخاً ، وكتب كثيراً . ولكن للأسف الكثير من مؤلفاته لم يظهر إلا بعد وفاته ، وبشكل متأخر لم يؤثر في نمو الفكر العلمي . من ذلك أن حاشيته عن ارخميدس Archimède ، التي طبعت سنة 1594 ، لم تظهر بالواقع إلا سنة 1685 وترجمته لابولونيوس Appollonius (الكتب الأربعة الأولى المحفوظة بالأغريقية مع إعادة للكتاب5)لم تنشر إلا سنة 1654 ؛وأما دراسته « حول النور والظل » «Photismi de lumine et umbra» وهو كتاب أصيل جداً ، سبق به بشكل مدهش بصريات كبلر Kepler فلم ينشر الا سنة 1611 ، في نابولي بعد نشر كتاب كبلر «Ad Vitellionem paralipomena» .

ونشر موروليكو Maurolico في حياته عدة مؤلفات منها : كوسموغرافيا Cosmographia (البندقية 1543) وبحث حول المزولة (الساعة الشمسية) (De lineis horariis libri III-1553) كما اعاد طباعة الأوبوسكيلا Opuscula سنة 1575) . كما نشر مجموعة ترجمات لأعمال رياضية اغريقية (دوائر تيودوز Théodose ومينالاوس Ménelaüs والكرة المتحركة لاوتوليكوس Autolycus ، والمساكن (Habitalionibus) لتيودوز Théodose والظواهر « Phaenomenis » الأقليدس Euclide مسين 1558) . وظهرت كتب تقريض الرياضيات والحساب «Opuscula mathematica» «Arith-و meticorum libiri» في البندقة سنة 1575 ، وفي مزولته يبين « موروليكو » ان الظل الملقى من قمة « عقرب » (عامود) المزولة هو دائماً ذو قطع مخروطي تختلف طبيعته ونوعه بحسب موقع سطح الالقاء (الاسقاط).

وتضمنت هذه المعالجة دراسة اجمالية للمقاطع المخروطية حيث ، تمشياً مع ورنر Werner ومعارضة لابولونيوس Apollonius ، قام « موروليكو » بمعالجة هذه المنحنيات وكأنها قطوعات مسطحة للمخروط . ونشير في « الأوبوسكولا Opuscula »، الى تحديد مركز الثقل لمختلف الأجسام (اهرامات ، قطوعات الكرة ، والى القطع « المكافىء الدائر» « Paraboloide de révolution » ، وأول فكرة عن التطابق بين الذروات والأوجه في « الصفاح » أو « المتعدد الوجوه المنتظم » (Polyèdre). ونجد في الأرتماتيكا استعمال الحروف بشكل منهجي بدلاً من الأعداد الخاصة ، كما نجد أول مثل على اسلوب التحليل الذي سمي فيما بعد « الاستقراء الرياضي » induction mathématique (البرهنة من الجزئي الى الكلي) .

بندتي **Benedetti الرياضي** : كان جان باتيست بندتي Giambattista Benedetti (1530-1590) فيلسوفاً ورياضياً ومهندساً في خدمة دوق دي سافوا Duc de Savoie ، وكان عالماً بالهندسة موهوباً وقد نشر بادىء الأمر كتاباً عن اعمال اقليدس De resolutione omnium Euclidis problematum aliorumque (البندقية 1553 ثمّ كتاباً عن المزولة (1574). ونشر أخيراً في تورينو

(1585) كتاباً عن الرياضيات والفيزياء خصصه بصورة رئيسية لنقد «الديناميكا» لأرسطو، كما خصصه ايضاً لدراسات حول الحساب الهندسي والموسيقى، والمناظر.. الخ وعولجت معادلات الدرجة الثانية فيه بروحية الهندسة القديمة. ويبين بندتي Benedetti أيضاً كيف يمكن بناء شكل ذي اربعة أوجه ضمن دائرة، إذا كانت الأضلاع محددة المقاييس.

ترجمات كوماندينو Commandino : كان فردريك كوماندينو Federigo Commandino (1509 - 1575) طبيباً ورياضياً عند «دوق دوربينو d'Urbino». ولم يكن رياضياً عظيماً. وعمله حول مركز الثقل في الأجسام ـ وان استخدم فيه الأساليب المتناهية الصغر (الحساب التفاضلي) التي استعملها «ارخميدس» (بولونيا 1565) ـ أقل قيمة من عمل موروليكو Maurolico. وبالمقابل كان مترجماً مدهشاً ومجاهداً للأعمال الرياضية الأغريقية: «ارخميدس» (البندقية 1558، بولونيا 1565)، أبولونيوس Apollonius مع التفاسير لبابوس Pappus واتوسيوس Eutocius (بولونيا 1566)، والأناليما Analemma لبطليموس Ptolémee (روما 1562)، واريستارك دي ساموس Aristarque de Samos (بيزارو 1572)، واقليدس Euclide باللاتينية، (بيزا 1572) وبالايطالية (بيزارو 1575)؛ والبنوماتيك لهيرون Pneumatique de Héron (اوربينو 1575)، وأخيراً المجموعة الرياضية لبابوس Collection mathématique de Pappus (بيزارو 1588). والى جانب هذا الانتاج الفخم، قام كزيلاندر Xylander بترجمة ديوفانت Diophante (بال 1575). وهكذا اصبح كل الانتاج الرياضي الأغريقي، باستثناء القليل، بين يدي الغرب، في أواخر القرن السادس عشر.

كلافيوس Clavius والتعليم : كان كريستوف كلافيوس Christoph Clavius من بامبرغ اصلاً (1537 - 1612). وكان استاذ رياضيات مشهوراً بحق في كلية جمعية يسوع في روما، ولعب دوراً اساسياً في انشاء الروزنامة الغريغورية. وكان كتابه «اوبرا ماتيماتيكا Opera mathematica» (ماينس 1612) يتضمن خمسة مجلدات نصفية (in folio). واصبحت ترجمته الممتازة مع الشروحات «لاقليدس» (1574) الطبعة المقياس وظلت كذلك حتى القرن 17. واعتمدت كتبه في الحساب والهندسة والجبر والمزاول والفلك بفضل نفسها التعليمي وبفضل موقع مؤلفها، في الكليات اليسوعية (اذ في كتاب «كلافيوس»، الذي بسط اشارات «ستيفل»، تعلم «ديكارت» الجبر عند لافليش La Flèche). وجعلت هذه الكتب من «كلافيوس» سيّد الرياضيات في أوروبا الكاثوليكية.

3 ـ ما قدمته المدارس الأخرى

الانتاج الرياضي الفرنسي : خارج المانيا وايطاليا كان التقدم الرياضي في القرن السادس عشر مختصراً جداً. وحتى مجيء فيات Viète الذي لم ينشر عمله الا في القرن التالي، ظل الأدب الرياضي الفرنسي مرتبطا بالانتاج الإيطالي والألماني ولم يلحقها عموماً الا متأخراً.

كان جاك ليفيفر ديتابل Jacques Lefèvre d'Etaples ـ (1455-1536) فيلسوفاً ولاهوتياً وانسانياً . ونشر طبعات عن حساب بويس Boèce (باريس 1503) ، وكذلك عن حساب جوردانوس نموراريوس Jordanus Nemorarius (1496) ، كما نشر الأسفار لساكروبوسكو Saphaera de Sacrobosco (1499 ، عدة نسخ) والأوبرا أومنا لنيقولا دي كوي Opera (1514) Omina de Nicolas de Cues . وكان يجل هذا الكتاب الأخير هو ومدرسته . وأخيراً ، في سنة 1516 نشر طبعة لعناصر « اقليدس » ، مع ترجمة لكمبانوس Campanus وترجمة لزامبرتي Zamberti وكذلك تفسيرات هيبسيكلس Hypsiclès وتيون الأسكندري Théon D'Alexandrie

ونشر تلميذه شارل بويل Charles de Bouelles (1470 - 1553) المعروف كفيلسوف ولاهوتي ، « مدخلاً الى الهندسة » باللغة اللاتينية (1503) ، وكتاباً عن الهندسة العملية بالفرنسية (وهو كتاب فريد ومفيد يبحث في الهندسة وتطبيقها باريس 1511) . وقد اعيد طبعه بالفرنسية كما باللاتينية . ونشير ايضاً الى دراسته حول المصفح المنتظم والمصفح المنجم . اماالسيكلوبيد أو الدوائري ، ويعزى اليه اكتشافه ، فقد التبس عليه أمره بحيث خلطه مع قوس من الدائرة وسعى الى استخدامه في محاولاته لتربيع الدائرة ، مستلهماً من دون شك نقولا دي كوي Nicolas de Cues وظهرت بعض الكتب حول الحساب التجاري في مطلع القرن . ومستواها متدنٍ باستثناء « الحساب » لأتيان دي لاروش Etienne de La Roche (ليون 1520) الذي أخذ محتواه من تري بارتي Tri- party لشوكيه Chuquet بعد أن أهمل اكتشافه الكبير حول المثقل Exposant صفر والمثقلات السلبية ، وعن « سوما » باسيولي Pacioli ، وهو كتاب ممتاز في عصره . وقد نقل بعض تصورات « شوكيه » ، والهم بصورة خاصة بومبللي Bombelli فكرة الترميز الأسي أو التثقيلي .

وكان أورونس فينه Oronce Finé (1494 - 1555) أول صاحب منبر للرياضيات في الكلية الملكية (قبل 1532) . ولعب في عصره دوراً وذاع صيته . إلا أن مؤلفاته هي من الدرجة الثانية : إعادة طبع : « مرغريتا فيلوزوفيكا «Margarita Philosophica» . ثم « تيوريكا نوفا . . . Theori- cae Novae..) لبورباخ Peurbach طبعة اغريقية لاتينية لستة كتب لاقليدس Euclide ، نشر كتاب ابتدائي كامل تقريباً من الرياضيات النظرية والتطبيقية ثم بروتوماتيزيس Protomathesis (1530 - 1532) الذي اعيد طبع مختلف أجزائه على حدة باللاتينية والفرنسية الخ . وقد لهتم فينه Finé بصورة خاصة بالحساب الستيني وبوضع الرسوم الهندسية وتحويلها بعضها الى بعض . وزعم أنه يعلم الحل الدقيق لتربيع الدائرة (كوادراتورا سركولي De quadratura circuli ، باريس 1544) ، وغيرها من المسائل الأخرى الشهيرة في العصور القديمة (مثل تضعيف المكعب ، وتجزئة الزاوية ،الخ) بواسطة النسبة الإلهية (. . . باريس 1559) . وقد أثارت محاولة « فينه » ، تربيع الدائرة ،الانتقادات العديدةوأهمها انتقادات بدرو نونز وجوانس بوتو Joannes Buteo وPedro Nunez .

واسم هذا الأخير الحقيقي جان بورل Jean Borrel وقد انتقد محاولات تربيع الدائرة عند « فينه » و « ستيفل » (ليون 1559) وطور اسلوباً غريباً في تضعيف المكعب عن طريق التقريب

المتالي . وحاول (في كتابه لوجيستيكا . . . ليون 1559). أن يعيد النظر في هندسة الترميزات والتعابير الجبرية ، واستبدل كلمة « راديكس » بكلمة « لاتوس ». وعرف المجهول « رس » بالحرف ب ، «P» وعرف المربع بمربع قائم على احدى زواياه . . . اما المعادلة فقد رمز اليها بزاوية . [وعندما كانت المعادلة تتضمن عدة مجهولات كان « بوتو » يعرفها مثل ستيفل Stifel بالحروف الكبيرة التاجية . -

وعن جان بُلّتيّه مانس Jacques Peletier du Mans (بلّتاريوس1517-1582)أشرنا الى اختراعه الموفق حول زاوية الاحتمال . كان رجلاً مستطلعاً ، وشاعراً وفيلسوفاً ورياضياً . اعاد طبع أوراس Horace . واراد الكتابة ونسر كتاباً في الحساب (بواتيه سنة 1549) وكتاباً عن الجبر (ليون 1554) . وكلا الكتابين متكل على اعمال « كاردان Cardan » و« ستيفل » . وأخذ عن هذا الأخير المثلث الحسابي ، والأس صفر كما أخذ أيضاً نظام التعريف بالمجهولات (وذلك في المسائل التي تتكرر فيها المجهولات) بالحروف الأولى من الأبجدية . ويدلنا بلتيه Peletier على كيفية استخراج الجذور الجذرية من معادلة ذات اسات جذرية . ونحن مدينون له ايضاً بطبع ستّة كتب أولى لأقليدس Euclide مع تفاسيرها (ليون 1557 ، باللاتينية ، وترجمة فرنسية في جنيف 1611) .

وهناك طبعة ثانية لأقليدس Euclide قام بها فرنسوا دي فواكاندال - François de Foix Candale الذي نشر الكتب الخمسة عشر (باريس 1566) وأضاف اليها ثلاثة كتب من عنده تتعلق بمختلف انماط المضلعات . . وكان بيار فوركادل Pierre Forcadel (؟ - 1574) قد حصل بناء على الحاح راموس Ramus ، على كرسي الرياضيات ونشر تراجم فرنسية لكتب « اقليدس » التسعة (1564 - 1565) ، وكذلك نشر أعمالاً رياضية وفلكية لِـ « ارخميدس » أيضاً ولـ « بروكلوس » و « أتوليكوس » وفينه وجما فريزيوس الخ . والف بيار فوركادل Pierre Fordcadel أيضاً كتاباً في الحساب . . (1557 - 1558) . وفي الطبعة الأولى منه استعمل المختصرات المعتادة وترميز «شوكيه» بالنسبة الى الجذور وكذلك الاشارة + و — في حين أنه في الطبعات اللاحقة تخلى عن هذا الترميز .

ونشير ايضاً الى كتاب الحساب الذي الفه جان ترانشان Jean Trenchant (1558 مع عدة طبعات) ويحتوي هذا الكتاب بصورة خاصة على معالجة للجبر استعمل فيها الترميز الكوسي والمثلث الحسابي الخ . ونذكر ايضاً كتاب الجبر الذي وضعه غليوم غوسلان Cuillaume Gosselin (باريس 1577) ، وترجمته الفرنسية المختصرة جداً لكتاب « تارتغليا » وعنوانه (General Trattato) (باريس 1578) .

راموس **Ramus والرياضيات** : تتعلق دراسة كتب أكبر رياضي فرنسي في تلك الحقبة وهو فرانسوا فيات François Viète (1540 - 1603) ، بصورة منطقية بالقرن اللاحق . والكاتب الفرنسي الأخير الذي يستحق الذكر هنا ، على الأقل كناشر للرياضيات - حين امتدحها امتداحاً كبيراً وفضلها على عقم المنطق والجدلية المدرسيين - وكمؤرخ للرياضيات - حيث خصص ثلاثة كتب من كتابه الكبير المعنون « الرياضيات المدرسية » - هو « بيار راموس » (1515 - 1572 الذي قتل في مذبحة سان بارتيليمي) . اشتهر « راموس » كانساني وكفيلسوف وكمجادل ونشر كتاباً في الحساب

(باريس 1555) . وأعيد طبع هذا الكتاب عدة مرات وترجم الى الانكليزية مع غيره من كتب الرياضيات التي جمعها في كتاب واحد سماه الرياضيات المدرسية (بال 1569) . ونشير أيضاً الى رسالته حول العدد السلبي ويرده الى التعارض المنطقي بين الايجاب والسلب : سلبيان يساويان ايجاباً ، كما كتب . وتدخل « راموس » في الهندسة ولم يوفق . ومعاداته للتراث المدرسي - كل ما قاله « ارسطو » خطأ - جرت عليه الشهرة . وفكر بحماس ان يستبدل المنطق بالبيان ووضع مشروعاً لاصلاح كتب « اقليدس » اذ كان يعتبره من الناحية التربوية متوافقاً قليلاً مع الترتيب العقلاني للعلوم ومع مسار الفكر الطبيعي . كتب يقول يجب تعليم الحساب قبل الهندسة . أما البديهيات فيجب أن لا تذكر الا عند الحاجة اليها . فضلاً عن ذلك يرى « راموس » ان الحساب التطبيقي عند تجار سان دينيس هو اكثر فائدة من البيانات الدقيقة التي وردت في الكتاب العاشر من « عناصر » « اقليدس » . واذا كانت هذه المزاعم مقبولة من الناحية التربوية والعملية فان مواقفه من الناحية العلمية ومن ناحية التقدم العلمي والفلسفي تبدو رجعية ومتأخرة .

بدايات المدرسة الانكليزية : كانت انكلترا اكثر تأخراً يومئذ عن فرنسا . وكان أول كتاب في الرياضيات نشر في هذا البلد هو : فن . . التربيع (لندن 1522) لمؤلفه كوثبرت تانستال Cuthbert Tunstall وقدمه الى توماس مور Thomas More . ويبحث الكتاب في الحساب التجاري من النمط الكلاسيكي المرتكز على مصادر إيطالية وبخاصة كتاب « باسيولي » « سوما Summa » ؛ وقد تقلد المؤلف ترتيبه وعرضه . كتب هذا الكتاب باللاتينية . ولم يلاقِ الا انتشاراً خفيفاً في انجلترا ، ولكنه طبع سبع طبعات في القارة .

وعرف روبرت ريكورد Robert Recorde (1510 ? 1558) ، الرياضي الانكليزي الأبرز في القرن السادس عشر نجاحاً أوسع بفضل كتابه : « أرض الفنون » (حوالي 1540 ، 11 طبعة في القرن السادس عشر) ، وبكتابه « الطريق الى المعرفة » (1551) ، وخاصة كتابه المختصر في الجبر « وتستون أوف ويت The whetstone of Witte » (1557) ، « القسم الثاني من الحساب » . ويعتبر هذا الكتاب الأخير - بحكم أنه أول كتاب كتب بالإنكليزية ، ويعلم طرح الجذور والتجربة « الكوسية » مع قاعدة المعادلات ، والحساب بالأرقام غير الجذرية ، أو الأرقام الصماء - أول كتاب يستعمل العلامة - و + ، ولكنه يضيف اليهما ، ولأول مرة في كتاب مطبوع علامة = ، والتي سبق ان استعملت في بعض المخطوطات الايطالية المعاصرة . وبالنسبة الى الباقي يعتمد ريكورد Recorde ترميزات « ستيفل » .

ونشير أيضاً الى ليونارد وتوماس ديغجز Leonard et Thomas ، وقد الفا عدة كتب في الرياضيات العسكرية والهندسية العملية . ونشير أيضاً الى ترجمة انكليزية « لعناصر » « أقليدس » من قبل سير هانري بللنجلي Sir Henry Billingsley وجون دي John Dee في سنة 1570 . واعاد هذا الأخير ، مع كوماندينو Commandino صياغة عمل « اقليدس » عن قسمة الصور مستندين الى نص عربي ، سنة 1570 .

اعمال نونز Nunez : في شبه الجزيرة الأيبيرية تجب الاشارة الى اعمال بدرو نونز Pedro Nunez (1502 - 1578) وهو عالم فلكي ملكي ، أوجدت له كرسي لتعليم الرياضيات في جامعة كويمبر. كان فكراً خلاقاً واستطلاعياً . وترك اثره في العديد من المجالات العلمية . من ذلك أنه في كتابه الجبر والحساب والهندسة (انفرس 1564) حاول ان يحدد القاسم المشترك الأكبر لمعادلتين جبريتين ، من اجل حل بعض المعادلات من الدرجة العالية . ويعود الفضل اليه في حل مسألة الشفق الأقصر (كربيسكولوس(De Crepusculis liber unus) . . . ليشبونه 1542) . واليه يعود الفضل في اختراع آلة « نونيس » وهي آلة تتيح قياس الزواية الصغيرة بدقة . وعلى كل كان جهازه دقيقاً جداً بالنسبة الى عصره فلم ينجح كثيراً . . ولذا استبدل في القرن اللاحق بآلة ابسط هي « فرنييه Vernier » اخترعت سنة 1631 . وفي كتابه تراتادو . . . Tratado) . . وهو جزء من كتاب كبير عنوانه « تراتادو دا سفيرا Tratado da sphera » (ليشبونه 1537) والموسع باللغة اللاتينية في كتاب أوبرا Opera (بال 1566) ثم في كتاب « دي آرت De Arte » (كويمبر 1573)، في هذه الكتب جميعاً خالف « نونز » الرأي السائد بين البحارة ، واثبت ان الطريق الأقصر بين نقطتين في الكرة الأرضية هو قوس الدائرة الكبرى وليس الخط المنحني الذي يقطع خطوط الطول في زاوية ثابتة . ودرس بعناية هذا المنحنى الأخير وسماه « رامبوس Rumbus » . وقد لعب هذا المنحنى دوراً مهماً في تاريخ الرياضيات في القرن السابع عشر تحت اسم « لوكسو درومي Loxo dromie » اسم اطلقه عليه سنيليوس Snellius سنة 1605 .

سيمون ستيفن Simon Stevin : عرفت السنوات الأخيرة من القرن السادس عشر حقبة جمود نسبي فيها يتعلق بالعلم الايطالي . وانتقل مركز حركة الفكر العلمي نحو الشمال واصبح سيمون ستيفن Simon Stevin (1548 - 1620) هو الخليفة بحق لبومبلي ولبينيديتي Bombelli et Benedetti ، وستيفن Stevin ، مثل هذين الأخيرين ، كان منظراً ورجل تطبيق . كان محاسباً وبناء مطاحن وسدود وتحصينات . ولم تكن الاهتمامات العملية غائبة عن فكره . وفي شبابه اشتغل كأمين صندوق وماسك دفاتر في مؤسسة تجارية في أنفرس . وفي سنة 1577 ، وبعد سفرة طويلة في بلدان الشمال التحق بادارة « الفرنك » في مسقط رأسه، وترك بعدها البلدان المنخفضة الأسبانية . وفي سنة 1581 وجد في ليد، حيث تسجل في سنة 1583 كطالب أدب في الجامعة . وفيما بعد دخل كمهندس عسكري ، وكمفتش على السدود والأقنية ، بخدمة دول هولندا . وفي سنة 1593 ، وبناءً على توصية من موريس دي ناسو Maurice de Nassau وكان قد علمه الرياضيات وأصبح صديقه ،عين مستشاراً في جيوش البلدان المنخفضة . وفي سنة 1600 نظم تعليم الرياضيات باللغة الفلمنكية في مدرسة المهندسين في ليد. ومات في لاهاي سنة 1620 .

المنشورات الأولى : كان أول كتبه (حول الفائدة ، أنفرس 1582) ، وتضمن الجداول الأولى الكبيرة عن الفائدة ، والمنشورة في ذلك الحين . وهذا الكتاب يعكس اهتماماته العملية . ويقول : انه ينشر مثل هذه الجداول التي ظلت سرية حتى ذلك الوقت من اجل فائدة الجماعة ، واستعمل اساليب

الحساب التي عرضها جون ترانشان Jean Trenchant في كتابه « الحساب Arithmetique »، وشكر مؤلفها . وفي كتابه « كتاب حساب الأمراء على طريقة ايطاليا Livre de compte de prince (à la manière d'Italie (ليد 1608) طور أساليب المحاسبة ذات القيد المزدوج . ونصح باستعمالها في محاسبات الدولة . اما كتابه « مسائل هندسية » (انفرس 1583) فيعتبر عملاً نظرياً خالصاً . وقد ظهر فيه ستيفن مهندساً كاملاً . ويوجد في هذا الكتاب دراسة موسعة عن المضلع المنتظم ونصف المنتظم المحاط بالدائرة (وفقاً لنهج دورر Dürer ، عَمَدَ ستيفن Stevin الى « فلش » (Déplie) سطوح هذه الأجسام فوق السطح) . كما عمد أيضاً الى التأكيد على المشابهة الكاملة وعلى التطابق الظاهر بين الكمية المتّصلة والكمية غير المتّصلة . وقد عمق هذا التأكيد فيما بعد .

وفي سنة 1585 نشر « ستيفن » في ليد كتاباً عنوانه : « الحساب عند سيمون ستيفن » وقسمه الى قسمين : قسم نظري يتضمن معالجة كبيرة للحساب والجبر ، وشرحاً لكتب ديوفانت Diophante الأربعة في الجبر . (وذلك سنداً لطبعة كزيلاندر Xylander) . وفي المفيد أن نشير هنا الى تأثير الرياضي الأغريقي الكبير على « بومبلي » وعلى « ستيفن » . ونشر ايضاً مجموعة دراسات (الحساب التطبيقي) وتتضمن فيما تتضمن الترجمة الفرنسية لكتاب « . . . الفوائد »، 1582 و « الأعشار »، ونعود اليها ، وكذلك تفسيراً لنظرية الأبعاد التي لا تحد نقلاً عن الكتاب العاشر من عناصر « اقليدس » . ويحتل كتاب « الحساب » ، الذي اعيد نشره من قبل البيرجيرار Albert Girard سنة 1625 ، ثم سنة 1634 ، (في الأعمال الرياضية) يحتل هذا الكتاب مكانة مهمة في تاريخ الفكر الرياضي . وفيه يطرح « ستيفن » منهجية وتبسيطاً للحساب وللجبر ، تجاوز فيهما كل من سبقوه . كما أدخل تجديدات رئيسية : منهجية الكسور العشرية ، وتصور جديد للعدد ، يمكن أن يجعل الجبر مستقلاً عن الهندسة ، وبذات الوقت يزيد الروابط التي تجمع بين هذين العلمين .

الكسور العشرية : كان ادخال الكسور العشرية يقصد به هدف عملي ، وقد تضمنها فصل صغير ضمن كتاب « الحساب » (132 - 160) في الحساب العملي : « ان تعلم الكسور يسهل العمليات وكلها موجودة في اعمال الناس » (سبق نشره بالفلمنكية تحت عنوان De Thiende ، في نفس السنة 1585) . لم يخترع « ستيفن » « الكسور العشرية بالتأكيد ، فقد استعملها قبله ، امانويل بونفيس دي تاراسكون Emmanuel Bonfils de Tarascon (حوالي 1350) ، ورجيومونتانوس Regiomontanus (سنة 1463 ، ونشرت دراسته عنها سنة 1541) وررودولف Rudolff (1525) وايلي ميزارشي Elie Misrachi (1532) . وأخيراً ، وقبل ذلك بقليل من قبل فيات Viète . ولكن يبقى من الحق القول انه باستثناء الرياضي الكبير «العربي » جمشيد الكاشي Jamshid al - Kashi ، وأعماله وضعت سنة 1427 ، ولكنها لم تعرف في الغرب (مجلد 1 ، القسم الثالث الفصلان 2 و8) لم يخطر لأحد غير ستيفن أن يحلّ الكسور العشرية محل الكسور العادية ، ويضع نظام ترميز يتيح توحيد مجال تطبيق قواعد الحساب ، دون أن يحتفظ منها إلا بالقواعد التي تطبق على العدد الصحيح . ولكن

للأسف كان هذا الترميز ، ثقيلاً وغير ميسر . وهو يشبه الترميز الذي استعمله «ستيفن» في الجبر ، فيما يتعلق بمثقلات المجهول ، تقليداً « لبومبلي» » ان الرموز ③ ,② ,①, ⓪ تدل على المثقلات والأسات exposants في السلسلة $(1/10)^0$، $(1/10)^1$ ، $(1/19)^2$ ، $(1/10)^3$ الخ مرسومة ، ربما ، تقليداً لسلسلة الكسور الستينية $(1/60)^1$ أو اَ ، $(1/60)^2$ أو اً ، الخ . وهكذا يكتب العدد 15,378 هكذا :③ 8 ② 7 ① 3 ⓪ 15 والاعداد المحاطة تدل على الاس او المثقل في العدد المثقّل المطابق لـ 1/10 .

ومن المدهش ان « ستيفن » لم ينتبه الى عدم جدوى هذه « الأسات » ما دام يكفي فصل سلسلة الوحدات عن سلسلة الكسور بأي فاصل كان . وبعد سبع سنوات لحظ ج . ا . ماجيني G. A. Magini هذا في كتابه (المثلثات المسطحة) De Planis triangulis (البندقية 1592) فكتب : 15.378 . وكذلك فعل كلافيوس Clavius في « الاسطرلاب » «Astarolabium» سنة 1593 .

واستعمال الكسور العشرية ، بعد تخليصها من ترميز « ستيفن » انتشر بسرعة ، وتعمم الترميز الحالي ـ القائم على استعمال امانقطة وإما فاصلة من اجل الفصل بين القسم الصحيح وبين الكسر ـ على يد نيبر Néper في «رابدولوجيا » (1617) وفي «كونستروكسيو » (بعد موته سنة 1619) . ثم من قبل المؤلفين المتتالين لجداول اللوغاريتم . وادى ادخال اللوغاريتم ذي الأساس عشرة الى مرحلة جديدة في نشر النظام العشري . وبالمقابل ، هناك اقتراح آخر قدمه كتاب «الديسم» (Disme) ويقوم على توحيد ـ على أساس النظام العشري ـ الأوزان والمقاييس والنقود ، بقي قرنين قبل أن يؤخذ في الاعتبار . وحتى اليوم لم يعتمد من قبل الجميع في كل مكان .

توحيد فكرة العدد : والتجديد الثاني الذي احدثه « ستيفن » هو توحيد فكرة العدد . فهو يرى أن الخطأ الكبير الذي ارتكبه الرياضيون الذين سبقوه ـ باستثناء ديوفانت Diophante ـ انهم لم يعتبروا « الوحدة عدداً » من ذات طبيعة الأعداد الأخرى ومقروءاً مثلها ، وانهم جعلوها مبدأ الأعداد . ولكن الوحدة ليست هي المبدأ بل الصفر ، الذي هو منطلق كل قيمة متتابعة مستمرة ، ولهذا يتوافق مع المقدار المتتابع عدد متمادٍ يتمتع بذات الخصائص العمليانية التي للعدد الصحيح الجذر : « ان أي جذر هو عدد» . ولهذا عارض توصيفات الأعداد مثل « $\sqrt{2}$ أو $\sqrt{8}$ بأنها مستحيلة ، وغير جذرية ، وغير نظامية ، وغير قابلة للتفسير أو صماء» . ان الأعداد المذكورة هي فقط غير قابلة للقياس ، «ولكن عدم القابلية للقياس لا تتسبب بالاستحالة» . ان توحيد فكرة العدد أمرٌ رئيسي لأنه يفتح الطريق الى تطور الجبر والهندسة التحليلية .

الأعمال الجبرية عند «ستيفن » : ان الترميزات الجبرية عند « ستيفن » تتفرع عن ترميزات «ستيفن » و « بومبيلي » . والمثقّلات تعرف باشارات تحاط بدائرة توضع الى جانب المعامل Coefficient اما المجهول فلا يعبر عنه . مثاله ان :

① 2 يساوي $2x$ و ④ 3 يساوي $3x^4$. و « ستيفن » وان تقبل من حيث المبدأ ، المثقلات الكسرية فهو يفضل استعمال اشارات اتفاقية مستوحاة جزئياً من ترميزات « رودولف » ، وان اختلفت عنها

احيانـاً ، اختـلافـاً واضحـاً . امـا الجمـع والـطرح والضرب والـقسمـة فيـعبر عـنهـا بالاشارات + ، - D و M . أما التركيب من واحد فيسميه مونوم (وحيد الحد)واما التركيب الكثيري فيسميه مولتينوم (متعدد الحدود) . [M = ضرب و D = قسمة] .

ومن بين المسائل الخاصة المدروسة ، نشير الى حل كامل لاستخراج القاسم المشترك الأكبر من تركيبين تعددين (وهي مسألة سبق أن اهتم بها نونز Nunez) . وأفضل إنجاز جبري لستيفن هو بدون شك اختصار توحيد قواعد حل المعادلات الجبرية ، أو وفقاً لتعبيره : « قواعدالكميات الثلاث » . من ذلك أنه بالنسبة الى المعادلة من الدرجة الثانية يقول :معك ثلاثة أرقام أولها(2)وثانيها (0) (1) والثالث عدد جبري ما . أوجد العدد الرابع التناسبي أي : $x^2=ax+n$ (وبعدها فتشرعن المجهول x) .

وتبدو معادلة الدرجة الثانية بالنسبة اليهم ، تحت ثلاثة اشكال اساسية وغير قابلة للاختزال . ولم يستطع اهل الجبر ممّن سبق « ستيفن » التوصل الى صياغة قاعدة وحيدة لحلها . فكتب «ستيفن» اذاً :

ان ثنائية Binomie الحد الثاني في هذه المسألة يمكن ان توجد في ثلاثة (صيغ)فروقات هي :

$$(1) + (0) = [ax + n], -(1) + (0) = [-ax + n], (1) - (0) = [ax - n].$$

ويعـطي عنهـا الاخـرون ثـلاث عمليات متنوعة . . .ونحن نبين شكلاً واحدا بواسطته ، ودون تغيير مقطع واحد ، تكـون العملية في الثلاثة نفسها أو ذاتها » .

واذا كان « ستيفن » قد نجح حيث اخفق سابقوه ، ستيفل Stifel كاردان Cardan بلتيه Peletier ، فذلك انه يقبل تماماً بشرعية العدد السلبي . وهو ، لم يكتف فقط ، ودون تذمر ، بـان يقبل بالحلول السلبية في المعادلات التي يعالج ، بل قبل ايضاً ولأول مرة في تاريخ الجبر بمعادلة طرح عدد ايجابي من جمع عدد سلبي . ومن جراء هذا ، اختلطت الأشكال الثلاثـة للمعادلـة في واحدة . وطبق ستيفن Stevin نفس الطريقة على معادلات الدرجة الثالثة والرابعة . ولكن رفضه ، للأسف للعدد الخيالي لم يمكنه من أن يحقق في هذا المجال تقدماً يشبه التقدم الذي احرزه في نظرية المعادلة من الدرجة الثانية .

آخر منشورات ستيفن Stevin : بعد نشر «اريتماتيكا» بدا « ستيفن » وكـأنه قـد عزف عن الرياضيات البحتة وتخصص بالفيـزياء اولاً وبـالتطبيق ثـانياً . ولكنـه نشر ، على كـل حال ، سنـة 1594 ، رسالة موجزة في الجبر يعرض فيها منهجاً عاماً في الحل القريب للمعادلات .

ومنذ 1585 كان « ستيفن » يدافع عن اطروحة تقول بأن اللغة الفلمنكية صالحة بصورة خاصة لـدراسة العلوم (Dialectike) . ولهـذا فقد نشر بهـذه اللغة ثـلاثة كتب في الميكـانيك (1586) ، ودراسته عن التحصينات (1594) الخ . وهي أعمال جمعها، مع كتب أخرى وضعها لموريس دي ناسو Maurice de Nassau في جامع ضخـم شامل ، باستثناء الديناميك ، ضـم كل العلم الـرياضي

والفيزيائي في عصره (نظرية وتطبيق) (خمسة مجلدات ، ليد 1608) ؛ وأعيد نشر هذه المجموعة في ذات السنة باللاتينية من قبل ويلبروردسنل Willebrord Snell (ايبومنياتا ماتيها تيكا) Hypomne-mata mathematica ، بعضها ترجم الى الفرنسية من قبل جان توننغ Jen Tuning (مذكرات في الرياضيات . . 1608) . واعيد نشرها في سنة 1634 في ليد ، لدى إلزيفيه Elzevier ، من قبل البير جيرار Albert Girard في نشر « الأعمال الرياضية » عند « ستيفن » . والمؤلفات المجموعة في هذا الجامع ، وان كانت في تاريخ نشرها تعود الى القرن السابع عشر ، فانها ، في مضمونها تعود الى القرن الماضي .

ومع « سيمون ستيفن » بلغ الجبر ، في عصر النهضة الذروة والنهاية في تطوره ، ولهذا يجدر أن نلقي نظرة سريعة وشاملة ، على المرحلة المقطوعة لمحاولة تحديد بنيتها الأساسية .

لقد حقق جبر عصر النهضة ، في وقت قصير جداً غنىً مدهشاً في المعرفة الجبرية ، وبالمقارنة انجز ترميزاً مكثفاً جداً ، وغير متعب على الاطلاق ، أكثر كثافة وايسر وأسهل بالتأكيد من ترميز فيات Viète مثلاً . ولكن هذا الترميز كان عاجزاً عن الوصول الى الترميز التجريدي (للعمليات الجبرية) والى اخذ هذا الترميز كمحور لأفكاره .

انه لأمر عجيب : لا شيء أبسط من فكرة العملية (الجبرية أو الحسابية) ؛ والموجزات اللوغاريتيمة الوسيطية والحديثة ، تقدم لنا كلها لوائح عن هذه العمليات ، وتعلمنا القواعد العملياتية الواجبة الإتباع لأجراء عملية أو قسمة من اجل استخراج جذر أو حل معادلة . ومع ذلك ، ورغم الاستعمال المتقطع للرموز (الحروف) من قبل «ارسطو » (في المنطق) ومن قبل ليوناردي بيز Leonard de Pise ومن قبل جوردان نيموراريوس Jordanus Nemorarius (في نظرية النسبات) فإن العملية والموضوع (الشيء)[موضوع العملية]، يشكلان وحدة متماسكة لدرجة ان الفكر لا يتوصل الى فصلهما عن بعض: (Res, Radix, Census) كلها تدل على المجهول ، وعلى الجذر وعلى المربع ، ولكن الجذر ، لا يعتبر ، نوعاً ما ، وكأنه جذر الشيء ، وان استخرج منه ، ولا المربع وكأنه مربع الشيء، وان رفع اليه ، انهما جذر ومربع مستقلين تماماً . ولهذا ايضا ، وليس لأننا نتعامل عموماً مع مجهول واحد ، لا يعبر عن هذا المجهول (الذي هو x عندنا) وكأنه مجهول .

وبالتالي لا يقدم لنا جبر عصر النهضة صيغاً بل يعطينا قواعد وامثلة ، تماماً كما في القواعد (النحو) ، التي هي أيضاً تعطينا قواعد يجب إتباعها ، وأمثلة يجب التقيد بها ، بعد استبعاد الأسماء والغاء الأفعال . وهذه الأمثلة ، المختارة والمرتبة جداً ـ في الحساب وفي الجبر ، كما في القواعد النحوية ـ تصبح نماذج ومقاسات ، ولكن هذه النماذج لا تتحول اطلاقاً الى صيغ ، ان فكر الحسابي والجبري في عصر النهضة يبقى عند مستوى فكر النحوي : انه فكر نصف تحديدي : تتبع القاعدة العامة ، ولكن التعامل يتناول حالات ـ كلمات او اعداداً ـ محددة .

ولهذا يعتبر الترميز الخـاص للمجهول ، في التعـابير الجبـرية ، التي ادخلهـا «فيـات » واكملها «ديكارت» مرحلة حاسمة في التاريخ ، لا تاريخ الترميز فقط بل تاريخ الفكر الجبري بالذات ، وهو يعكس الانتقال من درجة التجريد عند النحوي الى درجة التجريد عند المنـاطقي الخالص : من هنـا بالذات يصبح الاختصار رمزاً ويرتفع المنطق العددي ، بحسب التعبير الذي اورده«فيات »، ليصبح منطقاً خاصاً .

الفصل الثاني :
الثورة الكوبرنيكية

I ـ علم الفلك عند الإنسانيين (علم الهيئة)

علم الكونيات (كوسمولوجيا) عند نقولا دي كـوي (N. de CUES) : تحتل مؤلفات «كـوي » في الكوسمولوجيا مكانة ذات اهمية خاصة جداً فلأول مرة ، هوجـم التصور الكلاسيكي لعالم مغلق ومرتب ومنظم ، تصور استولى عـلى فكر البشر طيلة مـا يقارب من الفي سنـة ـ وذلك لصـالح عـالم منفتح ، ان لم يكن لا متناهياً ، فانه على الأقل غير محدود وواسع الامتداد بلا حدود، عالم « مركزه في كل مكان »،ومحيطه ليس في أي مكان » . لقد فجر «كوي» الأكر السماوية التي تحيط بالكون وتـعطيه كيانه وبنيته ، ورفـض القول بوجود مركز للعالم تحتله الأرض ـ المكان « الأدنى » يحتله الجسم الأكثر «حطة» . لقد الغى « نقولا دي كـوي » تقسيم الكون الى منطقة « ما تحت القمر »، ومنطقة «السماء». الكون واحد ، متنوع ومتشابه مع ذاته ، في كل مكان منه حركة وحياة . وهكذا تكون الأرض، قد ارتفعت ، بشكل ما ، في السماء ، لتحتل مكانة بين النجوم . ان الأرض ليست مأخور الكون « انها كوكب نبيل » . حسب قول «كوي» وهي بهذه الصورة لها نورها الخاص وحركتها الخاصّة .

ان اصالة وعمق تصورات « دوكت ايغنورانس Docte Ignorance » (1440) التي يعارض بها «كوي» «العلم» المغرور، علم الفلكيين والفلاسفة هما امران عجيبان . فهو ينكر بشجاعة لا نظير لهـا ، وجود جهـات ، وحتى وجـود امكنـة ممتـازة في الفضـاء . ويفقـد « الأعـلى » والأسفـل معنـاه الموضوعي : انهما مفهومان نسبيان تماماً . والراصد اذا وقف عند قطب الكرة السمـاوية يـرى الأرض فوقه ، في أوج السماء ، واينما وجد هذا الراصد ، في الشمس وفي أية كوكب سوف يرى العـالم يدور حوله ، وبالتالي يظن نفسه أنه يحتل مركزه . لأن الحركة بالذات ليست أبداً مطلقة ولا تُدرك إلا بالنسبة الى شيء غير متحرك

وكان تحطيم « الكون » شرطاً مسبقاً للثورة العلمية في القرن السابع عشر . من هذه الرؤية تبدو قيمة « دوكت ايغنورانس » بارزة لأنها تحقق هذا التحطيم بشكل جذري .

ولهذا بدا كتابه المذكور ، بحكم راديكاليته القوية ، غير مقبول بالنسبة الى معـاصريـه ، وحتى

بالنسبة الى خلفائه . ولهذا ، وباستثناء « ليونارد دا فنشي » . لا نجد أي أثر لكوسمولوجية « كوي » .

وكان لا بد من انتظار مجيء جيوردانو برونو Giordano Bruno حتى «يتفتح تأثير دوكت ايغنورانس » ، وحتى يتحول العالم اللامحدود عند كوي Cues الى الكون اللامتناهي المقول به في العلم الحديث .

وبالنسبة الى علم الفلك بالذات ، لم تكن عقيدة « دوكت ايغنورانس »، التي تنكر وجود نقط ثابتة في الكون ووجود حركات منسجمة تماماً ، والتي تنكر بالتالي ، استقرار القطبين ، والدوران الدقيق ، وحتى الدورية الصارمة للحركات السماوية ـ لم تكن هذه العقيدة منجدة على الاطلاق ، بل بالعكس ان هذه التجديدات ، عند مستوى الامكانيات النظرية ، في القرن الخامس عشر والقرن السادس عشر ـ كانت قمينة ان تجعل علم الفلك مستحيلاً تماماً . ولهذا لم يكن من المستغرب ان نرى كبار المنجمين في تلك الحقبة ، باستثناء كبلر Kepler ، لا يعطون أية اهمية لأفكار « كوي »، والحق يقال انه هو لم يكن يعي اهمية أفكاره . وبهذا يبدو في كتابه De Venatione Sapientae (1463) وكأنه قد نسي ان الكون ليس له مركز :

كتب : « اعطت الحكمة الإلهية لكل شيء طبيعته ، فلكه أو مكانه . ووضعت الأرض في الوسط ، وقررت ان تكون ثقيلة ، وان تتحرك في وسط العالم ، بحيث تبقى دائماً في المركز وان لا تتحرك لا نحو الأعلى ولا نحو الأطراف » .

وهذا لا يحكم الأرض بالجمود ، بل يتركها تتحرك وتدور في مكانها .

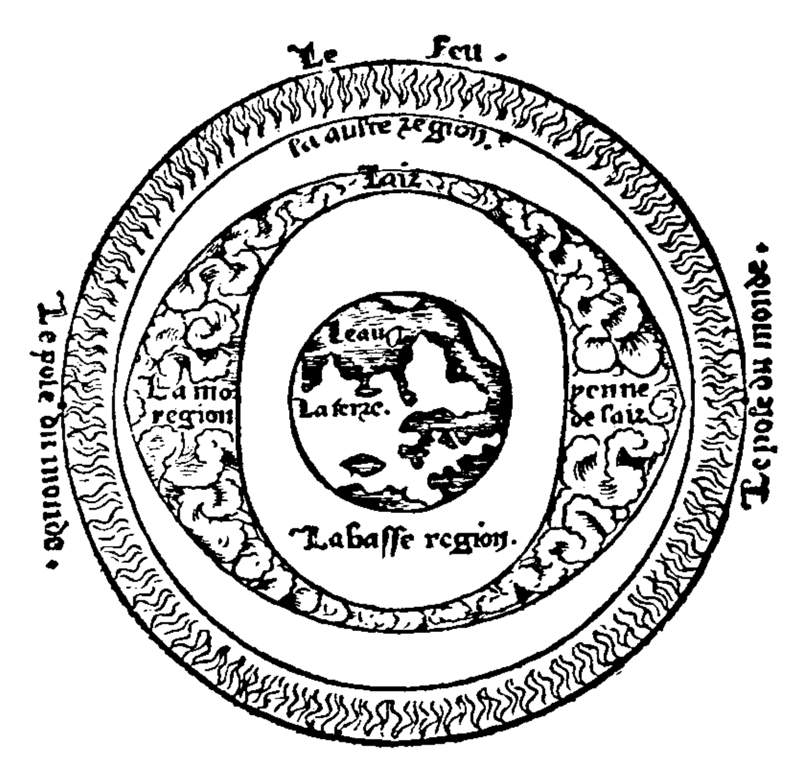
وفي مذكرة كتبها بعد عدة سنوات من سنة 1444 يقول «كوي» : « أن الأرض لا يمكن أن تكون جامدة ، ولكنها تتحرك مثل بقية الكواكب . وهي تدور تقريباً حول محاور الكون ، كما يقول فيثاغور Pythagore، مرة كل اربع وعشرين ساعة ، ولكن الكرة الثامنة تدور مرتين والشمس تدور اقل من دورتين بقليل في نهار وليلة ».

وربما يعني هذا ان الأرض تدور حول محورها خلال 24 ساعة وان الكرة الكوكبية ، تدور على نفس المحور وبنفس الاتجاه خلال 12 ساعة . وهذا يساوي بالنسبة الى المراقب الأرضي ـ الذي يظن نفسه متحركاً ـ دورة بالنسبة الى الكرة الكوكبية المذكورة في نهار وليلة . اما الشمس ، فتتأخر قليلاً عن حركة الكرة السماوية ، وهذا يفسر الفرق بين اليوم النجمي واليوم الحقيقي . هذه المذكرة البسيطة تكفي لتمنعنا من القول ان كوي Cues هو طليعة لكوبرنيك Copernic .

بورباخ Peurbach ورجيومونتانوس Regiomontanus : في القرن الخامس عشر بدا تطور علم الفلك ، المرتبط بالرياضيات تماماً ، محكوماً بجهود « بورباخ » و« رجيومونتانوس » ، لكي يتصل مباشرة بالعلم الأغريقي والعربي كاعداد الترجمات أو تصحيح الترجمات الموجودة ، التي قام بها الكلاسيكيون في علم الفلك ، وبخاصة ترجمة المجسطي وتمّ وضع « كومباندیا » لتحل محل « سفيرا Sphaera » (كرة) ساكروبوسكو Sacrobosco التي اصبح نقصها واضحاً أكثر فأكثر .

وفي مجال الترجمات ، بلغ الجهد الذروة مع نشر الصيغة القديمة للمجسطي Almageste التي وضعها جيرار دي كريمونا Gerard de Crémone (البندقية 1515) وترجمة أخرى جديدة وضعها جورج تربيزوند George de Trébizonde (البندقية 1528) . ثم أن النص الأغريقي قد نشره س غرينوس S. Grynaeus ، مع شروحات بابوس Pappus وتيون Théon ، واعيد نشره من قبل ج كاميراريوس J. Camerarius (1538) . وقام « بورباخ » بناء على نصيحة بساريون Bessarion بترجمة « المجسطي » ، مع تأليف خلاصة (ابيتوم) من عمل « بطليموس »، ثم أوكل الى رجيو مونتانوس Regiomontanus مهمة متابعة هذين العملين اللذين تركهما غير كاملين .

واذا كان « رجيومونتانوس» لم يكمل الترجمة التي بدأها « بورباخ »، فانه اكمل « الأبيتوم Epi-tome ونشرت ، بعد موته ، في البندقية سنة 1496. هذه الخلاصة « ابيتوم » هي تكملة علمية « للنظريات الجديدة في النجوم» التي وضعها « بورباخ »(نورمبورغ 1472) وهو كتاب أولي بسطت فيه النظريات حول الكواكب ، وعرضت بدون الاثباتات الموجودة ، بالمقابل ، في « الأبيتوم ». و« النظريات » التي أوجدت لتحل محل « الكرة = سفيرا Sphaera » التي وضعها ساكروبوسكو



صورة 3 ـ « القسم النموذجي من العالم » عن أرسطو . (أ. فينيه ، « نظرية السماوات » ، 1528)

Sacrobosco للتعليم[1] نـالت شعبية كبيـرة حتى أواخر القـرن السادس عشر ؛ وقـد اعيد طبعهـا كثيـراً ، واقتـرنت عـادة بشـروحـات ، من بينهـا شـرح أورونس فينيه Oronce Finé . وشكلت « النظريات » القسم الفلكي من المارغاريتا فيلوزوفيكا «Reisch»، وترجمت الى الايطالية سنة 1556 .

في هذين الكتابين يبدو « بورباخ » بطليموسياً من الدرجة الأولى ، الا في نقطتين : فهو بعـد العرب يضيف « الارتجاج » الى مختلف حركات الأجرام السماويـة ، التي تصورهـا الفلكي الأغريقي الكبير ، وايضاً ، وبعد العرب احلَّ المدارات الثابتة محل الدوائر الرياضية الخالصة في المجسطي ؛هذا الاحلال ـ الذي بدأ به من قبل « بطليموس » بنفسه في « فرضيات الكواكب » ـ يبدو لي ذا دلالة على رفضِ علم فلك مبني على الحسابات الخالصة دونما علاقة بالواقع الموضوعي ، أو ، ان شئنا ، انه رفض قبولِ نوع من الحقيقة المزدوجة فلسفية وعلمية ، أي الفيزياء (ومعها الكـوسمولـوجيا) التي قـال بها « ارسطو » من جهة ، وعلم الفلك الذي قال به « بطليموس » من جهة ثانية ، وقدم « بورباخ » أيضاً ملاحظات فلكية من اجلها وضع كتابه الهندسة الرباعية Quadratum geometrieun . وقـدمت اعماله واعمـال « رجيومـونتانـوس » في مجال علم المثلثـات للفلكيين ادوات حسـاب اكثر دقـة واكثر طواعية . وبفضل هذه الأدوات ، في بداية القرن 16 ، اصبح الاستيـلاء على المـاضي قد اكتمـل . وعندها وجد علم الفلك في وضع شبيه نوعاً ما بوضع الجبر . وابتداء من هذه الحقبة يبدأ تاريخ بعض نصوص « ليوناردا فينشي » التي ندرسها بسرعة .

«ليونارد » وعلم الفلك : لم يكن « ليونارد » فلكيـاً ولم يكتشف الاكتشافـات التي نسبتها اليـه احياناً التأريخية الرسمية ، رغم أنه كان واحداً من الأوائل ، ان لم يكن الأول ، في الغرب على الأقل ، الذي عرف أن النـور الرمـادي من القمر هـو انعكاس نـور الأرض . ولم يخترع هـو ايضاً كـما قيل ، المرصد . الأمر الذي لم يمنعه ، من القيام ، بـدون تلسكوب ، بـاكتشاف مهم جـداً ـ ظلَّ لـلأسف مجهولاً ـاستبق به « كبلر » ، وهـو الصفة الـذاتية للهـالة التي تحيط بـالكواكب الثـابتة ، وبـالتالي ، لاحجامها المرصودة . ولكن تصورات «ليونارد » الكوسمولوجية ، وان لم تكن جاهزة على الاطلاق ، وان بقيت غير معروفة ، فهـي تحتـل مكانها الشرعي بين اكتشافات « نقولا دي كويز » وكـوبرنيـك Copernic . من الممكن ـ رغم وجود نص شهير ، ولكنه منفرد ، وشديد الغموض فلا يمكن أن تستمد منه استنتاجات مهما كان نوعها ، هو : « il sole non si muove des carnets » ان يكون « ليونارد » قد توصل الى تصور شمسي المركز للكون . وبالمقابل ، من الواضح انه ، بعد « نقـولا دي كوي » ، تخلى عن الصورة « الأرض محور الكون » ، وبحركة فكرية مزدوجة ، مقارناً القمر بالأرض ، والأرض بالقمر، وصل الى القول بارضية الأرض وكوكبية القمر . وبهذا الشأن قال ان القمر يتألف من نفس عناصر الأرض أي تراب هواء ماء ونار . وكتب «كون الأرض تشبه القمر تقريباً » يسمح باثبات «نبالة عالمنا » .

---

(1) ان سفيرا ساكروبوسكو (Sphaera) : Sacrobosco ظلت تستعمل . وقد أعيد طبعها عدة مرات ، مقرونة بتفسيرات علمية أكثر فأكثر .

« ليست الأرض في وسط دائرة الشمس ـ وهنا يتجلى تأثير « كوي » ـ ولا هي في وسط العالم ، بل في وسط عناصرها التي ترافقها وتتحد بها . ومن يكون على سطح القمر ، عندما يكون هـذا الأخير والشمس تحتنا ، يرى أرضنا مع عنصر الماء ، تقوم بنفس الدور الذي يقوم به القمر بالنسبة الينا » .

وبدلاً من الدوران الكوني ، ساد التصور بأن « ليونارد » آمن بالحركة الإلتفافية للأرض وانه حاول الاجابة على احد الاعتراضات الكلاسيكية المناوئة لامكانية حصول هذه الحركة . ولهذا الغاية جرت الاشارة الى نصين متعلقين بحركة سهم مقذوف عامودياً ولحركة الحجر الساقط في الهواء، في حين تكون العناصر متحركة بحركة التفافية على ذاتها ، بحيث تكتمل دورتها بخلال اربع وعشرين ساعة » .

نظام الكرات الدائرة حول ذاتها عند فراكاستورو Girolamo Fracastoro وآميسي Amici : ان جيرولامو فراكاستورو (1478 - 1553) مدين بشهرته لا لأعماله كفلكي ، بل لعمله الطبي ، وبخاصة قصيدته حول السفلس . درس في جامعة بادو مع كوبرنيك Copernic . ويمكن الظن انهما قد تحادثا فيها عن المسائل الفلكية، وانهما اتفقا على عدم كفاية علم الفلك البطليموسي وعلى ضرورة استبداله بنظام اخر . ولكن من اجل اجراء هذا الاصلاح ، عمد « كوبرنيك » الى انجاز نظام أريستارك Aristarque وعمد فراكاستورو Fracastoro الى تحقيقه باسلوب كاليب Callipe. وكانت الفكرة الأولى في عمله : « هوموسانتريكا Homocentrica ، (البندقية 1538) المقدمة الى البابا بول Pape Paul III الذي قدم اليه « كوبرنيك » « رفوليسيونيبس اوربيوم كولستيوم Revolu - tionibus orbium coelestium » . كانت هذه الفكرة قد جاءته ، كما قال ، من جيوفاني باتيستا دلاتوري Giovanni Battista della Torre (اخي مارك انتونيو دلاتوري Marc Antonio della Torre الذي كان صديقاً ومساعداً ، في الدراسات التشريحية لـ «ليونارد دا فنشي » . وكان جيوفاني Giovanni هذا قد مات فتياً ، وترك له امر العناية في اكمال نظامه . واستلهم الحاجة الى تمثيل الحركات الكواكبية دون استعمال « الدوائر المتداخلة المختلفة المراكز (Exentrique) (إكسانتريك) ولا الدوائر التي مركزها في محيط دائرة كبيرة « ابيسيكل » (Epicycles) ، بل استعمل فقط حركات دائرية حول نفس المركز (دوائر وحيدة المركز)، والرغبة في استعمال محاور هذه الكرات بشكل يجعلها تشكل زاوية قائمة الواحدة مع الأخرى . تضييق قيمته ـ المنهجية والرياضية ـ أكيدة ، ولكنه يؤدي الى مضاعفة الكرات : ويحتوي النظام منها ، في نهاية المطاف 76;77 للكواكب والقمر ، زائد كرة اضافية تحت القمر ، مختلفة عن الأخريات ، ونافرة وبالتالي مختلفة الشفافية .

هذه الكرة تفسر الاختلاف والتنوع في لمعان الكواكب اللذين يبدوان كأنهما يثبتان تغيراً في المسافة ـ وهو الاعتراض الأقوى ضد نظام الأكر الوحيدة المركز (هوموسنتريك) ـ هذا من جهة ، ومن جهة اخرى تفسر تغير مدة الكسوفات وحركة المذنبات .

وبذات الوقت الذي عاش فيه « فراكاستورو »، وبالاستقلال عنه ، بُعِث نظام الأكر الوحيدة المركز من قبل جيوفاني باتيستا آميسي Giovanni Battista Amici الذي نشر سنة 1536 في البندقية

كتيباً عنوانه « موتوبوس كـوربورم كـولستيوم . . ». ان نـظام « آميسي » يشبه نـظام « فراكـاستورو » ولكنه ـ بالرغم من انه لا يفرض على محاور الكرات الشرط بان توضع بشكل زاوية قائمة ، الـواحدة بـالنسبة الى الأخـرى ، ـ يبدو أكـثر تعقيـداً . وفي حقبـة من الـزمن يـوشـك فيهـا ان يـظهـر نـظام «كوبرنيك» ـ يبدو بعث الأنظمة السابقة على « بطليموس »، غرابة تاريخية .

مبحث كـالكـانيني Calcagnini : كـان يمكن لأعـمال سليـوكـالكـانيني Célio Calcagnini، 1479 - 1541 ان تكـون اكثر أهميـة من أعمال « فـراكاستـورو » و « أميسي » . وفي السنـة 1520 كتب « كالكانيني » بحثاً يقصد به ان يبين أن الأرض متحركة ضمن نظام ثابت .

وفي هـذه المحاولـة التي لم تظهـر الا في سنة 1544 ، في كتـابه الكبـير : أوبرا اليكـو Opera aliquot ، حاول «كالكانيني» الذي ربما سمع عن انجازات « كوبرنيك » والذي شهد بمكانة « نيقولا دي كوي » ، أن يثبت ان الأرض لا تدور الا دورتها اليومية حول نفسها ، وذلك لأسباب ، ليست فلكية بل فلسفية «فيزيائية .فهو يرى بهذا الشأن ان الحركة تلائم الأرض التي هي مكان عدم الكمال واذا مكان التغير ، وان احتياج الأرض الى الحركة هو أكثر من احتياج السماوات ذات الكمـال وذات الطبيعة الإلهية اللذين يقتضيان ليس الثبات فقط بل الجمود أيضاً. فضلاً عن ذلك، ونظراً لأن الأرض ثقيلة ، وبذات الوقت غير مؤهلة للهبوط ، لأنها تقع في المكان الأسفل من العالم ـ في وسطه ـ، فإذا وضعت موضع الحركة فانها لا تستطيع التوقف ، وبالمقابل : فالسماوات نظراً لإفتقارها الى الوزن ، فهي غير مؤهلة للحركة .

وهذا انقلاب غريب في الديناميكية التقليدية . وهو انقلاب ذكي جداً إذ أن الجسم المفتقر الى الوزن أي الهيولي لا يمكنه تلقي الدافع المحرك. ولو نشر بحث « كالكانيني » سنة 1520 ربما لعب دوراً مهماً في تاريخ الثورة ضد « ارسطو » وضد « بطليموس » ولكنه وقد نشر سنة 1544 أي بعد سنة من نشر كتاب « كوبرنيك » «الثورة في عالم الأفلاك » فقد جاء متأخراً جداً .

II ـ كوبرنيك COPERNIC

يعتبر عمل « كوبرنيك » في تاريخ الفكر الغربي محطة تاريخية حاسمة : إذ بفضـل هذا العمـل حصلت الثـورة العلميـة في القـرن السـابـع عشر التي احلت محـل الفضـاء المغلق التراتبي القـديم والوسيطي ، الكون المسنجم واللامتناهي الذي قال به العصريون .

ولكن الأمر الغريب هو ان الثورة الكوبرنيكية تبدو لنا بدون مقدمات وبدون اعداد . فلا «نيقولا دي كوي» (الذي ربما عرف «كوبرنيك») ولا « ليونارد دا فنشي» (الـذي لم يعرفـه) ، لم يكونـا طليعة « كوبرنيك » . واذا كان دوران الأرض حول محورها قد بحث بجدية قبل ذلك ، من قِبَل نقولا أورسم Nicole Oresme ، فإن أحداً لم يفكر ، منذ اريستارك دي ساموس Aristarque de Samos وسولوكوس Seleucus بجعل الشمس مركز الكون وإعطاء الأرض حركة مدارية .

وإذا فكتاب « كوبرنيك » « الثورة في عالم السمـاوات » مَدَّ لهم اليد فوق ألفي سنـة من التطور التاريخي والنسيان ولكنه وقد تحصن بالتقنية الرياضية الموروثة عن « بطليموس » انجز ما عجز سابقوه القدامى عن الشعور به .

حياة « كوبـرنيك »: ولـد « نقولا كـوبرنيـك » في 19 شباط سنـة 1473 في ثورن في بـروسيا (بوميريليه) . وكان أبوه ، وكان يدعى « نقولا » أيضاً ، برجوازياً من كراكوفيا جاء يسكن في ثـورن قبل ان تستولي بولونيا على المدينة . وكانت امه بربارا وازلرود Barbara Watzelrode من عائلة قديمة مشيخية في المنطقة . فَقَد « كوبرنيـك » أباه وهـو في الغاشـرة فكفله خالـه لوكـاس وازلرود Lucas Watzelrode الذي اصبح فيما بعد اسقف وارمي ، هل كان « كوبرنيك » بولونياً أم المانياً ؟ . كان بولونياً » . ولكني اعترف ان هذه المسألـة التي اسالت الكثيـر من الحبر ، تبـدو ناشزة وليس لها أدنى اهمية : فليس عرقـه ولا تكوينـه الفكري الـذي لعبت فيه ايـطاليا دوراً لا مثيـل له واعـظم من دور بولونيا ، هما اللذان يفسران عبقريته . من وجهة نظر الفكر الذي يهمنا وحده هنا، يبدو «كوبرنيك» نسيج ذاته . في سنة 1491 كان « كوبرنيك » في جامعة كراكوفيا التي تمتعت في ذلـك الزمن بشهـرة عظيمة وفي الواقع كانت اهم جامعة في الشرق الأوروبي اشتهرت كمركز ثقافة علمي وانساني . ونحن تنقصنا المعلومات عن دراسة « كوبرنيك »، ولكن رغـم التيقن من انه قـام بدراسـات معمقة في علم الفلك يبدو أنه تبع البرنامج المعتاد المتبع في كلية الفنون حول الديالكتيك والفلسفة .

ومن بين اساتذة جامعة كراكوفيا ، يشار الى البير برودزو (بـروزويسكي) -Albert de Brud zewo (Brudzewski)، وهو فلكي ورياضي بارز ، قام بتفسير « نظريات » « بورباخ » سنة 1482 . وكان من المشاهير ،كما أن مؤرخي « كوبرنيك » لم يغفلوا الاشارة الى ان تخصص «كوبرنيك » بالفلك كان بتأثير من بروزويسكي Brudzewski ولكن هذه الفرضية تبقى غير أكيدة .

في سنة 1496 عاش « كوبرنيك » في وارمي ، وبعدها انتقل بذات السنة الى ايطاليا ليدرس فيها الحقوق . وفي أول تشرين الأول سنة 1496 دون اسمه في سجـل المواليـد الألمان في جـامعة بـولونيـا الإيطالية ، مما لا يوجب ان يكون « كوبرنيك » قد اعتبر المانيا . وامضى « كوبرنيك » ثلاث سنـوات تقريباً في بولونيا الإيطالية وفيها تابع دراساته حول علم الفلك ويبدو انه كان متقدماً في هذا العلم كونه قد تتلمذ على الفلكي الشهير دومينيكو ماريانوڤارا Domenico Maria da Novara الذي شهد له . وقد درس بذات الوقت القانون والطب والفلسفة وأخذ يتعلم اليونانية .

وفي سنـة 1500 ذهب الى روما حيث القى سلسلة من المحـاضرات في الرياضيـات (وربما في الفلك) . وفي سنة 1501 رجع الى بولونيا لكي يستلم شخصياً ولاية كانونيكا كاتدرائية فرونبورغ ؛ وقد عين فيها بفضل لوكاوتزلرود Lucas Watzelrode ولكنه بعد انتهاء التنصيب الرسمي حصل على اجازة ورجع الى ايطاليا ، الى بادو حيث درس الطب والقانون . وعلى كل أخذ شهادته في الطب في فراري في 31 أيار 1503 . وبعد تنصيبه عاد الى وارمي ليستلم اسقفيته التي بقي فيها حتى موته . وسكن اولاً في هلسبورغ بجانب خاله وتزلرود وعمل له سكرتيراً وطبيباً . ثم سكن قبيل موته في سنة

1512 في فرونبورغ واهتم بادارة املاك الكنيسة هناك والف في ذلك كتاب « مونيتا كودندا راسبوني Monetae cudendae ratione » ومارس الطب بنجاح على ما يبدو . وحصل على تريكيتروم Triquetrum (آلة للموازاة) وعلى كرة محلقة (وهي آلة فلكية قديمة مؤلفة من حلقات تمثل مواقع الدوائر الرئيسية في الفلك) وعلى مربع ، وبواسطتها قام برصوداته الفلكية التي استعمل قسماً منها في كتابه « ريفوليسيونيبوس Revolutionibus » .

وضع كتاب الثورة «ريفوليسيونيبوس Revolutionibus»: يبدو ان « كوبرنيك » قد تكونت لديه االفكرة الرئيسية عن نظامه بصورة باكرة . يقول في مطلع كتابه الثورة انه احتفظ بانجازه سرياً ، لا تسع سنوات فقط، كما يقول الشاعر أوراس Horace بل ستاً وثلاثين سنة . وهذا الزعم لا يمكن أن يؤخذ بحرفيته ، بالنسبة الى الكتاب بالذات . بل ربما يتعلق بالفكرة الأساسية أي بفكرة الدوران حول الشمس. وهذا ما يعود بنا الى سنة 1505 أو 1506 . والفكرة « السر » التي حفظها « كوبرنيك » لم تكن إلا نسبية . يقول بيركن ماجر L. L. Birken mager ان « كوبرنيك »بعد رجوعه من ايطاليا سنة 1512 كتب ووزع بين اصدقائه بحثاً موجزاً ومختصراً انما واضحاً جداً عن مبادئه في علم الفلك الجديد ولكنه لم ينشر هذا البحث (الذي نشر سنة 1870) ، ولم يكتفِ به فقط . فقد كان يفهم تماماً انه لا يكفي صياغة افكار جديدة، او كما اعتقد ، محاولة احياء تصورات قديمة فيثاغورية : بل لا بد من اجل النجاح ، من تقديم نظرية حول الحركات الكواكبية كاملة ومفيدة مثل نظرية «بطليموس». وهذا ما قدمه لنا كتابه « الثورات ». حيث يتضمن الكتاب الأول عرضاً عاماً لنظام الكون ، ومعه معالجة لعلم المثلثات . اما الكتاب الثاني فيحتوي على عرض حول علم الفلك الكروي مع خارطة للنجوم ، استعمل «كوبرنيك » في صنعها المعطيات القديمة وكذلك الملاحظات الحديثة، وفيه ايضاً يعيد حساب العناصر الأساسية للحركات مثل طول السنة ، تتابع الاعتدالين ، الخ . وفي الكتاب الثالث والرابع من كتاب الثورات يعرض « كوبرنيك » النظريات بشكل مفصل عن حركات الكواكب ، الحركات الظاهرة والحقيقية للشمس والأرض والقمر والنجوم. وليس من المستغرب ان يستمر وضع هذا الكتاب على الأقل حتى سنة 1532 . وربما لم ينتهِ منه الا فيما بعد.

وقد اشتغل « كوبرنيك » في كتاب « الثورات » طيلة حياته يدخل عليه التغييرات والتصحيحات التفصيلية .

حذر « كوبرنيك » وتردده: يبدو أن التفاسير (كومونتاريولوس Commentariolus) لم تكن معروفة. وعلى كل وبعد حوالي 20 سنة تقريباً وصل كتاب التفسير الى روما حيث استعمله السكرتير البابوي، جوهان ويدمانستتر Johann Widmanstetter ، ليفسر للبابا كليمان السابع Pape Clément VII، سنة 1533 مبادىء النظام الفلكي الجديد . ولم يثر أحد ، لا البابا ولا غيره في روما اعتراضات لا ضد النظرية ولا ضد المؤلف . بل بالعكس فبعد ثلاث سنوات أي 1536 قام اسقف كابو Capoue وهو احد اعضاء الخورنة الرومانية واسمه نقولا شومبرغ Nicolas Schönberg ودعا

« كوبرنيك » الى نشر اكتشافاته وطلب منه ان يعطيه على نفقته نسخة من عمله . ولكن كوبرنيك Copernic لم يعمل بنصيحة الكاردينال . ورغم ان أصدقاءه الآخرين ، وخاصة صديقه تيدمن جيز اسقف كولم ، قد الحوا عليه بان النشر واجب تجاه العلم وتجاه البشرية إلا أن « كوبرنيك » لم يقرر ذلك . فقد كان يخاف من الفضيحة ومن ردة فعل رجال الدين ، ومن الغيبة القاتلة . وهو موقف حذر جداً ولا شك ، ولكنه في محله في ذلك الزمن .

وفي سنة 1539 وصل الى فرونبورغ استاذ شاب من جامعة ويتنبرغ ، اسمه جورج ريتيكوس Georg Joachim Rheticus (1514 - 1574) وسمع اخباراً عن النظريات الجديدة التي قال بها « كوبرنيك » واراد أن يعرف كنهها . ومن المفيد أن نقول ان السلطات في وارمي لم تعارض زيارة هذا الأستاذ الملحد ، وكذلك سلطات جامعة ويتنبرغ ، وحتى لا يبقى النور مخفياً ، قام ريتيكوس Rheticus بعد عدة اشهر من وصوله بتلخيص كتاب « كوبرنيك » . وسماه «التلخيص الأول» «ناراسيو بريما Narratio Prima » ، جعله بشكل كتاب ارسله الى معلمه جوهان شونر Johann Schöner ، وطبعت هذه الرسالة في دانزغ سنة 1540 .

ونالت هذه الرسالة نجاحاً كبيراً . وطبعت طبعة ثانية سنة 1541 في بال .وأصبح العالم العلمي بعد الآن يمتلك العناصر الأولية للنظرية ، وكذلك الأسباب التي حملت « كوبرنيك » على ابقاء كتابه سرياً ، اصبحت بدون معنىً .ولهذا قرر « كوبرنيك » نشر كتابه .واعطيت المخطوطة الثمينة الى تيد من جيز Tiedemann Giese الذي نقلها الى ريتيكوس Rheticus الذي عاد في هذه الأثناء الى ويتنبرغ . وقام ريتيكوس Rheticus بطبع المخطوطة في نورمبرغ بواسطة جوانس بطرس Johannes Petreius . ويذكر « جيز » أن « كوبرنيك » رأى وهو على فراش الموت في 24 أيار سنة 1543 أول نسخة مطبوعة من كتابه .

مقدمة اوسيندر Osiander : ولكن ريتيكوس Rheticus لم يحسن القيام بمهمته . فقد عين سنة 1542 استاذا في جامعة ليبزغ . وترك مهمة مراجعة الطبعة لصديقه اندريا اوسيندر Andreas Osiander وهو تيولوجي لوثري مشهور ، ولكنه هرطوقي قليلاً . وقام هذا ، وكان يعرف بالتجربة الشخصية مساوىء الاضطهاد ، كما كان يخشى ردة الفعل العنيفة من قبل رجال الدين وجماعة «ارسطو» فقرر اتخاذ بعض الاحتياطات . وفي الواقع ان جرأة «كوبرنيك» قد اذهلته هو بالذات ؟ ان التصور الجديد للكون مناقض تماماً للكتاب المقدس ، وكان اوسيندر لوثرياً مؤمناً بما فيه الكفاية لكي يشك بحرفية الوحي .

ولهذا سبق ان اقترح على « كوبرنيك » سنة 1541 حلاً أنيقاً لهذه المشكلة وذلك باعتماد نظرية ظاهراتية للعلم ، فالعلم ـ وخاصة علم الفلك ـ برأي « أوسيندر »، ليس له الا غاية واحدة وغرض واحد ، هو «انقاذ الظاهرات » ولم يكن قصده أي قصد العلم العثور على الأسباب الخفية ولا على الحركات الحقيقية للأجرام السماوية ـ لأنه عاجز عن ذلك ـ بل غايته ربط وترتيب الملاحظات بواسطة فرضيات تمكنه من الحساب ومن التنبؤ مسبقاً بالأوضاع (المرئية والظاهرة) للكواكب . وهذه

الفرضيات ، فرضيات « كوبرنيك » وغيره من الفلكيين ، يجب ان لا تدّعي انها حقيقية ، وواقعية ، بل ان تكون فقط بسيطة ، وان تكون ملائمة للحسابات . وهذا ما شرحه « اوسيندر » في مقدمة مزعومة تحت عنوان « الى القارىء ، حول فرضيات هذا الكتاب » (كتاب ريفوليسيونيبوس De revolutionibus) . ولم يوقع على هذه المقدمة ، بحيث ظلت لمدة طويلة وكأنها صادرة عن « كوبرنيك » بالذات ، وظن بعض القراء ، ومن بينهم الكاردينال بلارمين Bellarmin انها تعبر عن فكر كوبرنيك . وطبعاً هذا خطأ . لأن كوبرنيك لا يشاطر « أوسيندر » وضعيته الايجابية . ان منهجيته العلمية واقعية خالصة .

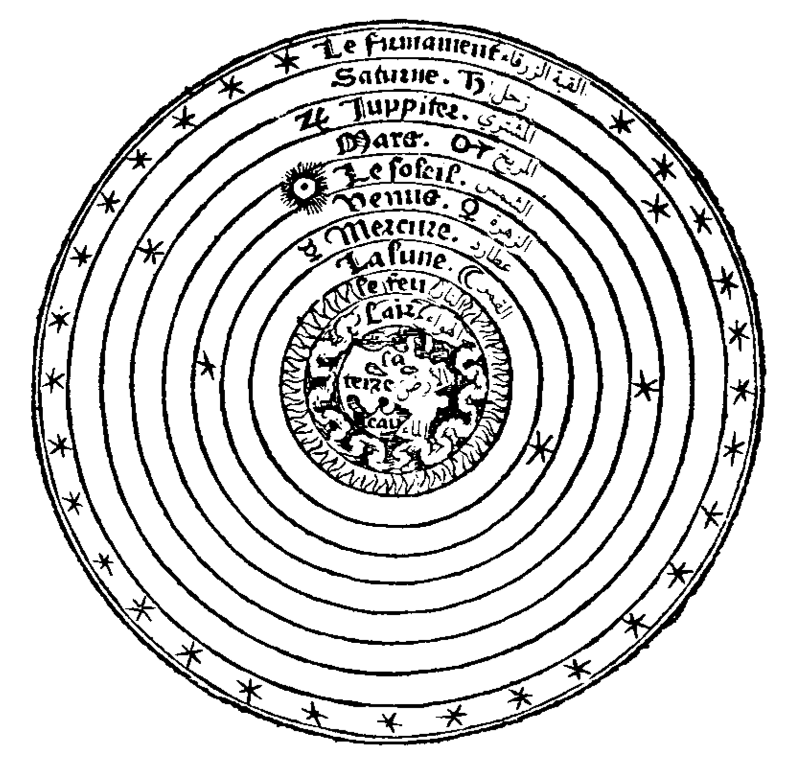
اسس النظرية الجديدة. تكوين الفكر عند « كوبرنيك » : يفسر كوبرنيك في التقديم الذي وجهه الى البابا بولس الثالث Pape Paul III ، والذي يشكل مدخلاً لكتابه ، يفسر الأسباب التي حملته على وضع نظرية جديدة حول حركات الكواكب : وملخصها الخلاف بين الرياضيين ، وتعدد وتنوع الأنظمة الفلكية وكذلك عجز هذه الأنظمة كلها عن تمثيل الحركات الظاهرة بدقة ، وبقائها امينة لمبدأ الحركة الدائرية المنسجمة والموحدة . وكان من الواضح أن « الرياضيين » إما انهم اهملوا المبادىء الأساسية ، أو أنهم ادخلوا فرضية خاطئة في انظمتهم ومناهجهم .

وبعد ان قرأ كوبرنيك كل الكتب الفلسفية التي تعالج هيكلية الكون ، وجد عند بعض المؤلفين مثل هيسيتاس Hicetas ، وهيراقليد دوبون Heraclide du Pont ، واكفونتوس Ecphantus أنهم كانوا يؤمنون بحركة الأرض. وهذا المثل دفعه الى تفحص هذه النظرية بنفسه ، رغم استحالتها الظاهرة . وتبين انها تقدم تفسيراً ممتازاً للظاهرات السماوية وتؤدي الى عالم كامل الانتظام . والنتيجة التي تفرض نفسها : خطأ الرياضيين انهم جعلوا الأرض محور الكون ومحور الحركات السماوية .

وكانت المعلومات الموجزة نوعاً ما التي قدمها « كوبرنيك » حول تاريخ فكرته تتيح له ان يستخلص بعض الاشارات التي تؤكد وتثبت النظريات الموجودة في كتاب كومنتاريولوس Commentariolus « التأويل »، كما هو الحال عند ريتيكوس Rheticus . ويقول « كوبرنيك » بوضوح مآخذه على نظام « بطليموس » : أنه بالدرجة الأولى عاجز عن أن يبقى اميناً للمبدأ الأساسي القائل بانسجامية الحركة الدائرية للأجرام السماوية ، وانه شوه هذا المبدأ باختراعه ما يسمى بـ équants ، وبالدرجة الثانية انه اعطى صورة غير عقلانية عن الكون .

يذكر كوبرنيك بخلال مؤلفه (الكتاب الأول) وهو يعرض المصاعب الملازمة لنظرية حركات الزهرة وعطارد (فينوس ومركور) ، يذكر بتصور وارد عند مارتيانوس كابلا Martianus Capella . وبموجبه يدور الكوكبان المذكوران حول الشمس . ويضيف « كوبرنيك » انه اذا أراد أحد تطوير هذا التصور يتوجب عليه أن يضع الشمس في وسط حركات زحل (ساتورن) والمشتري (جوبيتار) والمريخ (مارس) ، وهكذا يعثر على التفسير الحقيقي لحركاتها . مسار غريب لأن الشمس تلعب دوراً عادياً في علم الفلك البطليموسي . فهل نجد هنا ذكراً لمسار فكره الخاص ؟

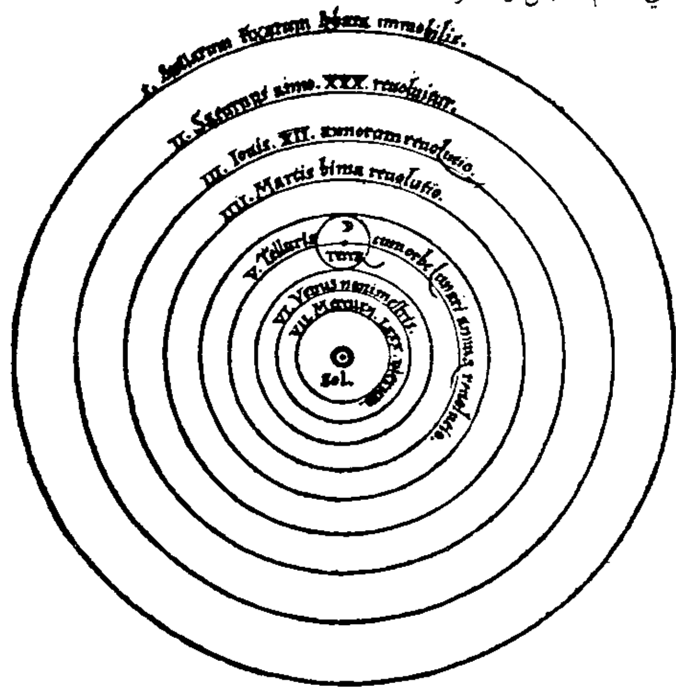
يقول ج.ج.ريتيكوس G.J. Rheticus في كتابه (نراسيوبريما Narratio Prima) ان التغيرات الكبيرة في لمعان كوكب المرّيخ عند بزوغه صباحاً قبل الشمس وفي الغسق بعد المغيب هي التي اقنعت «كوبرنيك » ان الشمس هي مركز حركات هذا الكوكب . ويبدو هذا دالاً على نفس مسار



صورة 4 ـ الكون الوسيطي : وصف « الدوائر السماوية » بحسب بطليموس.أ. فينه ، نظرية السماوات ، 1528)

الفكرة. ومع ذلك لو اتبع كوبرنيك هذا التحليل الذي رسمه جان سكوت اريجينJean Scot Erigène قبله ، لكان طور نظام تيكو براهي Tycho Brahé لا نظامه هو . ولتجاوز هذه المرحلة ، ووضع الشمس في مركز الكون ،ووضع الأرض بين الكواكب كان لا بد من شيء آخر ضروري ، هو بصورة خاصة الالهام الفيتاغوري العميق الذي يعتبر باعث كوبرنيك Copernic ،والذي نجد تعابير ملفتة له في كتاب نراسيو بريما Narratio Prima الذي وضعه تلميذه ريتيكوس Rheticus وبالواقع يتضمن كتاب كوبرنيك ريفوليسيونيبوس De revolutionibus نشيداً حقاً للشمس ـ التي هي عين وفكر الكون وعميده ،وهي الإله المرئي بحسب فول تريسميجيست Trismegiste ، فضلاً عن ذلك يبدو التحليل الذي يعطي للشمس المكانة المركزية نظراً لكمالها ـ « من في هذا المعبد الكوني يضع هذا المصباح البهي في مكان آخر أو افضل ، غير المكان الذي منه يمكن انارة كل شيء بآنٍ

واحد ؟ »ـ هذا التحليل يكشف عن تحول جذري في الحساسية الهندسية التراتبية، التي، خلافاً للتحول الذي تقول به الآرسطية والمسيحية ، في المركز الرئيسي لا في المركز الأدنى أو الاحقر ، بل تقول برأي الفيثاغوريين انها في المقام الأجمل والأشرف .



اصورة 5 ـ الكون عند كوبرنيك (ربفولبسيونيبوس . . . 1543)

تبسيط الأواليات الكواكبية : يأخذ « كوبرنيك » على علم الفلك المقبول عموماً في زمانه ، فضلاً عن نواقصه المذكورة ، يأخذ عليه تعقيداته الكبيرة . وبهذا المعنى كتب يقول : من الأفضل افتراض حركة الأرض ، وان بدا ذلك مستحيلاً ، من أن نترك الفكر يضيع او يتمزق بتعدد الدوائر والمدارات في علم الفلك القائل بمحورية الأرض. وعندما ننظر الى الرسيمة التي وضعها لعالمه نؤخذ بجمالها وبساطتها . مع ان هذا الشعور ليس صحيحاً تماماً . أن عدد الدوائر في علم الفلك البطليموسي لم يكن كبيراً كما قال « كوبرنيك » . وكوبرنيك اضطر الى القول بوجود 34 مداراً . وقد اصدر هذا القول في عرضة التمهيدي . ولكنه تخلى فيما بعد عن هذه المقارنة . وبهذا الشأن ، ونظراً لأن تقنية « كوبرنيك» الرياضية مماثلة لتقنية « بطليموس » (نظراً لتخليه عن الايكوانتس (Equants) أو التوازن) أو حتى التقنية ايارك Hipparque (الكواكب لا تتحرك حول الشمس ولا القمر حول الأرض) ، وفقاً لدوائر كاملة وبسرعة موحدة ، مع هذين ، بالحاجة الى دمج الحركات الدائرية ـ الدوائر ذات المحور الواحد والمتحركات المختلفة ـ «لكي ينقذ الظاهرات»، أي لكي يجد من جديد معطيات الملاحظة . ويعتبر تحويل الحركة اليومية من الكرة السماوية الى الأرض

تقدماً ضخماً . ولكنه لا ينقص من عدد الحركات . وتحويل حركة الشمس السنوية الى الأرض، كما اثبتها كبلر Kepler بكفاءة يربحنا دائرة بكل كوكب : الناقل بالنسبة الى الكواكب الدنيا والايبيسيكل او التمحور بالنسبة الى الكواكب العلية . ولكن ترك التوازن (Equants)، هذا العنوان المجيد بالنسبة الى علم الفلك الكوبرنيكي يدخل تعقيدات ويقتضي بالعكس من ذلك اضافة دائرة إضافية . وفيما يتعلق بالأرض اضطر « كوبرنيك » الذي يؤمن بالمدارات المادية التي تحمل الكواكب ، ان يسند الى الأرض، فضلاً عن حركتها اليومية الذاتية والحركة المدارية، حركة ثالثة تحفظ لها ثبات اتجاه محور دورانها . وبذكاء استعمل هذه الحركة الثالثة بعد جعلها ابطأ من الثانية (المدارية) ، ليفسر تتابع الاعتدالات . وخلافاً لكل قاعدة نجح كوبرنيك Copernic ، بشأن نظرية القمر التي لا تتأثر بالقول بمركزية الشمس ، نجح كوبرنيك Copernic في تبسيط هذه النظرية بعد تخليصها من التوازن (Equants) (وهذا يدلنا على اتزان عبقريته الحسابية) وذلك بتخليصه نظرية القمر هذه وجعلها بذات الوقت اكثر قرباً من الظواهر مما كانت عليه نظرية «بطليموس » .

تنظيم الحركات الكواكبية : ولكن تفوق نظام « كوبرنيك » لا يقوم فقط على انقاص عدد الحركات السماوية والدورات المطابقة لها . إن هذا التفوق يقوم على توحيد ومنهجة هذه الحركات : ان مدة مسار الكوكب حول الشمس تتبع أو هي رهن بالمسافة التي تفصل هذا الكوكب عن الشمس .

هذا التفوق موجود ايضاً في تفسير عدم انتظام الحركات الظاهرة وما يعتريها من بطء وتوقف وتقهقر ، وركض الى الامام بفعل البعد المتأتي من حركة المراقب بالذات . وعلى هذا الأمر يركز ريتيكوس Rheticus الذي يشير الى مدى التبسيط الذي تقدمه فرضية حركة الأرض عند تفسير الظاهرات السماوية .

يقول لنا بهذا الشأن :«ترصد الكواكب كل سنة وتبدو كأنها تحركها حركة مستقيمة او متقهقرة ، فتبدو وكأنها واقفة او قريبة أو بعيدة من الأرض الخ . ان كل هذه الظاهرات ، كما يثبت ذلك معلمي يمكن أن تفسر بحركة منتظمة تقوم بها الأرض الكروية حول الشمس ضمن مدار يسميه معلمي المدار الأكبر. ويضيف : في الواقع هناك شيء إلـهي في الواقعة بأن فهماً اكيداً للظاهرات السماوية يجب ان يتعلق بالحركات المنتظمة والموحدة للكرة الأرضية وحدها

جمود الكرة السماوية : يبدو هجوم « كوبرنيك » على علم الفلك وعلم التنجيم التقليديين مهما للغاية .فهو يبين لنا أن الانتقال من محورية الأرض الى محورية الشمس لا يقتضي اخلال نظام الدوائر أو الحركات السماوية محل نظام آخر بقدر ما يقتضي الايمان بثورة فكرية اكثر عمقاً وذات مدى أبعد من الاكتفاء باصلاح سهل وبسيط لعلم الفلك . يرد «كوبرنيك »على«بطليموس»، وبصورة خاصة على « أرسطو»، بقوله انه من غير الممكن أرادة تحريك المكان من دون تحريك محتل هذا المكان ، وانه بسبب ذلك يجب أن تعتبر السماء المنجمة، التي هي مكان الكون ، كما يقول أرسطو ،يجب أن تعتبر ثابتة غير متحركة . وهذه الحجة تبدو لنا معقولة تماماً . وبالفعل نشعر بأنه مخالف للعقل ترك هذا الكون الواسع غير المتناهي بالنسبة الينا يدور حول حبة غبار صغيرة . نحن مقتنعون بذلك . ولكن

الأرسطوي (أو البطليموسي) لا يقتنع . فعالمه وان كان كبيراً نوعاً ما ـ عشرين الف شعاع ارض تقريباً ـ ليس ضخماً وهو يتعارض في توسيعه ـ اذ لا مبرر له من وجهة نظره ـ من قبل « كوبرنيك ». فهذا الأخير لكي يتفادى الاعتراض الطبيعي جداً والقائل بان على الحركة المدارية للأرض ان تظهر تغييراتٍ ظاهرية (نجوماً ثابتة) ، اضطر أن يكبر شعاع الكون (بحوالي ألفي مرة على الأقل) كما اضطر على التأكيد انه (بالنسبة الى كرة الثوابت وهي كرة يؤكد هو وجودها) ليست الأرض(كما يقول «بطليموس») بل المدار الأرضي « المدار الكبير » « هو كالنقطة»، وهذا تحليل لا يستطيع الأرسطي أن يرى فيه إلا ادعاء مبدئياً ، أما نحن ، فبالعكس ، لا نستطيع ألا نعجب بهذه « النزعة القوية نحو الحقيقة » والتي تتأجج في عقله .

دوران الأرض ـ جواب على اعتراضات التقليديين : ثم ان التقليدي يشعر بوجود تعارض اساسي وكمي ، بين الأرض ، الثقيلة الجامدة والأجرام السماوية التي لا وزن لها : فلتحريك الأولى لا بد من محرك خارجي مادي ذي قوة هائلة . أما حركات الأخيرة فهي بالعكس ، نتيجة لكمالها ، أي لطبيعتها بالذات . الا ان « كوبرنيك » لا يشعر بشيء من هذا ، فالأرض في نظره لا تتعارض من حيث نوعيتها مع بقية الكواكب : بل هي واحدة منها . وما يصلح لهذه يصلح للأرض . ويرد كوبرنيك على الاعتراض الفيزيائي بأن دوران الأرض يجب ان يولد قوة ضخمة ، خارجة من المركز (سانتريفوج) من شأنها ان تحطم الأرض الى شظايا ، بان نفس الإعتراض يمكن ان يثار ضد حركة السماوات ، خصوصاً وان سرعة حركتها اعظم بكثير من سرعة حركة الأرض .

وقد اثار علم الفلك البطليموسي وكذلك فيزياء « ارسطو » ، اثباتاً لجماد الأرض في مركز الكون ، الحجة بان الأجسام الثقيلة تهبط كلها نحو « الأسفل » أي نحو هذا المركز ، وانه هنا ، بالتأكيد مقرها الطبيعي . يرد كوبرنيك : هذا غلط . ان الأجسام الثقيلة لا تنزع نحو وسط العالم . فالثقل ليس الا النزوع الطبيعي لأجزاء كلٍ ، فصلت عن هذا الكل ، لكي تعود اليه . ولهذا فالأوزان الأرضية ، لا تسعى اطلاقا للاقتراب من « مركز العالم » لتستريح فيه ، بل تكتفي فقط بالنزوع نحو «كلها» أي الأرض . ويكون الأمر كذلك ، فيما خص هذه الأجزاء المفصولة عن القمر وغيره من الكواكب . انها تنزع نحوها ، لا نحو مركز الكون . وهكذا يتبين ان الفضاء الكوبرنيكي ليس ابداً الفضاء المختلف فيزيائياً ، فضاء « ارسطو » لا شك أنه يبقى محدوداً ومغلقاً ضمن قبة السماء . ولكنه داخل هذه القبة مهندس ومحكوم .

يقول كوبرنيك : « ولكن ماذا نقول عن الغيوم وغيرها من الأشياء العائمة في الهواء، وكذلك الأشياء التي تهبط، أو بالعكس تنزع نحو الأعلى »؟ وذلك في مجال الرد على الاعتراض القديم على حركة الأرض، القائل بأنه : اذا كانت الأرض تتحرك، فان الحجارة المقذوفة في الهواء (أو المقذوفة من اعلى برج) لا تقع أبداً في المكان المقصود من قبل الرامي (او عند اسفل البرج) ، بل تظل متأخرة ،

كما « تبقى متأخرة أيضاً » الطيور ، والغيوم والهواء ذاته، الذي يشكل ، بهذا ، عاصفة رهيبة تصفر باستمرار دائم من الشرق نحو الغرب ؟

يرد كوبرنيك بكل بساطة : لما كانت هذهٔ الأشياء أرضية ، فإنها والطيور والسحب والهواء وحتى النار تشارك في حركة الأرض وتنجر وراءها . من جراء هذا « فالأشياء التي تقع وترتفع » تقوم بحركة مختلطة بالنسبة الى الكون ومؤلفه من مستقيم ومن دائري ، يبدو لنا ، نحن ، مستقيماً .

أهمية الحركة الدائرية المنسجمة : «وكوبرنيك » الذي يبدو وكأنه قد استلهم «نقولا دي كوي »، يعتقد بأن الشكل الكروي - وهو الأكمل هندسياً وان كل الأجسام الطبيعية تفتش عنه بسبب هذا الكمال بالذات - ليس هو الأكثر اهلية للحركة فقط - وهذا ما يسلم به الجميع - بل أنه سبب كافٍ لها ، وانه يولد بالطبع الحركة الأكمل والأكثر طبيعية أي الحركة الدائرية .

نحن نفهم الآن لماذا اعتبر « كوبرنيك » مبدأ الحركة الدائرية المنسجمة كأساس لكل الحركة السماوية : انه الوسيلة الوحيدة لجعل الآلة الكونية تتحرك فالجسم المستدير مثل المدار الكوني اذا وضع في الفضاء فسوف يدور على نفسه دونما حاجة لمحرك يجعله مستمراً في الدوران ولا هو بحاجة الى مركز فيزيائي مثل المركز الذي لم يستطع «أرسطو» الاستغناء عنه .ولهذا لا يوجد مثل هذا المركز في علم الفلك الكوبرنيكي .

مركز الشمس ودورها : اذا كان « كوبرنيك » يضع الشمس في وسط الكون فهو لا يضعها في مركز الحركات السماوية . ان مراكز الاجرام السماوية ليست داخل الشمس بل حولها . واذا كان عالم كوبرنيك شمسي المركز فان علم الفلك عنده ليس كذلك مباشرة . فحركات الكواكب لا تتعلق بالشمس بل تتعلق في مركز مدار الأرض الذي هو خارج المركز بالنسبة الى الشمس Excentrique وهذا المركز في المدار الأرضي يدور بنفسه حول الشمس - وبصورة أدق أنه موضوع على مدار صغير Epicycle هو مركزه - ولكن حركته بطيئة جداً - فالمدار يدور خلال 3434 سنة اما مركزه Déférent فيدور خلال 53000 سنة بحيث لا يظهر في الحساب عملياً . وينتج عن ذلك مفارقة هي ان الشمس في ميكانيك كوبرنيك تلعب دوراً ضعيفاً جداً . ان وظيفتها الرئيسية هي شيء آخر : فهي تنير الكون وتعطيه النور وهذه وظيفة مهمة جداً تفسر وتؤمن المكانة التي تحتلها الشمس في العالم . انها الأولى من حيث الشأن وهي المركز من حيث الموقع .

كون « كوبرنيك » : لم يكن كوبرنيك «عصرياً». وكونه ليس الفضاء اللامتناهي كما يقول علم الفيزياء الكلاسيكي ان كونه له حدود مثل كون « ارسطو ». انه أكبر بكثير ، كبير الى درجة انه لا يقاس. ولكنه له نهاية ومحدود بكرة النجوم الثابتة . والشمس في مركزها . وحول الشمس تقوم المدارات التي تدعم وتحمل الكواكب ، مدارات حقيقية مثل الكرات البلورية في علم الكون الوسيطي . وتدور المدارات بسبب شكلها وتحمل معها الأجرام التائهة المثبتة داخلها مثل الجواهر في عقدها ، منسجمة في حركاتها مع قوانين الميكانيك السماوي المتحرر من الأخطاء التي أدخلها « بطليموس » .

وشيء عجيب ولكنه كثير الوقوع في التاريخ خرجت الثورة من الإصلاح ، والحركة المتقدمة خرجت من الرغبة بالرجوع الى الوراء . من ذلك أن المعاصرين لكوبرنيك أوّلوا كتبه هكذا : عودة الفيثاغورية على يد « بطليموس » جديد .

III ـ انتشار أفكار كوبرنيك

يعبر عمل « كوبرنيك » عن رؤية كونية كما يعبر عن فكر علمي . وهذا ما يفسر ، الى حد ما بطء انتشار الكوبرنيكية .

إذا كانت معرفة نظام « كوبرنيك » قد انتشرت ببطء ، واذا كانت فائدة كتبه قد ظلت حية ناشطة الى درجة انها دفعت في سنة 1566 الى اعادة طبع كتابه « رفوليسيونيبوس De Revolutionibus» مع كتاب«ريتيكوس نراسيو بريما Narratio Prima de Rheticus» كملحق . فقد اختلف الأمر بالنسبة الى تبنيه . فقد أثار الإعجاب ـ خلافاً لتوقعاته ـ وقد أُخِذت عنه عدة أساليب في الحساب . وقد قرن اسمه غالباً بالقاب مثل « بطليموس » الثاني . ولكنه قلما أتبع . فضلاً عن ذلك ومن بين الذين اتبعوه يجب ان نفرق بين الذين يرتضون الكوبرنيكية كتقنية رياضية جديدة وعالية ، اعلى من تقنية بطليموس ، ويستخدمونها لبناء الجداول ولحساب الرزنامات اليومية ، وبين الذين يرتضون مركزية الشمس كمعبر عن حقيقة فيزيائية في الكون ، وكذلك الذين يضعون على نفس المستوى فرضية فلكية كوبرنيك وفرضية بطليموس .

المانيا والبلدان المنخفضة وايطاليا : من بين الذين يؤمنون بحقيقة الكوبرنيكية تذكر في المانيا ريتيكوس Rheticus ، وكريستوف روثمان christoph Rothmann الذي كان فلكي الأمير غيليوم الرابع Guillaume IV امير هسكاسل . وميشال ماستلين Michael Mästlin معلم كبلر Kepler الذي نشر في سنة 1596 كتابه اسرار الكون . ثم ان ريتيكوس Rheticus في اواخر حياته وضع بعد ان استلهم باراسلس Paracelse مشروع كتاب عن علم الفلك الألماني ، ولم يوضح طبيعته . في حين ان اراسم رنهولد Erasmus Reinhlod مؤلف الجداول الشهيرة : « تابولا بروتينيكا Tabulae Prutenicae 1551» التي وضعت لتصحيح النتائج العملية عند « كوبرنيك » ، وضع تفسيراً لكتاب كوبرنيك ريفولوسيونيبوس (الذي ظل غير مكتمل وغير مطبوع) ، دون ان يقبل حقيقته الفيزيائية رغم انه مجد كوبرنيك بلقب «الأطلس الثاني» ، كما انه لم يعط بياناً نظرياً عن نظامه في كتابه « الجداول » . وامتدح اراسم أوزولد شريكن فوش Erasmus Oswald Schreckenfuchs وهو ناشر بطليموس» ، كوبرنيك كثيراً ، وقال بإمكانية تبرير حركة الأرض الى حد ما . وهو أقرب أن يكون محبذاً لكوبرنيك . ونضيف أيضاً الى مؤيديه كريستيان أورستيسن Christian Wursteisen(أورستيتيوس من بال) الذي ، حسب ما روى غاليليه Galilée ، اعطى في ايطاليا محاضرات عن كوبرنيك . (إلا أن غاليلي يجعلها في روستوك) .

وفي البلدان المنخفضة هناك جيما فريزيوس Gemma Frisius محبذٌ لا يرى بطلان حركة الأرض. ولكنه اقل اهتماماً بصحة النظرية الجديدة من اهتمامه بالجداول ، لأنها أكثر دقة من الجداول الموجودة ، رغم ان النظرية هي قاعدة تنظيم الجداول . وفي ايطاليا رفض بندتي Benedetti التصور الأرسطي للكون وتكلم عن كوبرنيك Copernic باعجاب ولكنه لم يفهم عقيدة كوبرنيك ولا يمكن ان يعتبر من انصاره حقاً . اما جوردان برونو Giordano Bruno فهو مناصر مقتنع . انه الكوبرنيكي الايطالي الوحيد قبل « غاليلي ». رغم ان نشاطه الفلسفي والأدبي لم تكن ايطاليا مسرحه بل فرنسا وانكلترا والمانيا.

انكلترا : في انكلترا اشار روبرت ريكورد Robert Recorde في كتابه قلعة المعرفة ، لندن 1556 الى نظرية كوبرنيك باعجاب واعتبره كباعث للأفكار الفيثاغورية ولأفكار اريستارك Aristarque من ساموس ولكنه لا يشير الى صحة نظريته بشيء.

وبالمقابل نشر جون فيلد John Feild روزنامة ظهرت في نفس السنة وحسبت بحسب قواعد «كوبرنيك» ورينهولد الحقيقية بصراحة خالصة . وبالمقابل اكتفى جون دي في مقدمته للروزنامة ، بحذر ، بموقف رينهولد Rheinhold . ومع ذلك وبعد سنتين تكلم دي Dee نفسه في كتاب له بروبيديماتا أفوريستيكا Propaedeumata aphoristica . . . (1558 لندن) عن الحركة السريعة للقبة السماوية وعن حركة الشمس.

وبالمقابل كان توماس دغجز Thomas Digges كوبرنيكياً حقيقياً . فمنذ 1573 وفي مقدمة كتابه آلاسي سكالا ماتيماتيكا Alae seu scalae mathematicae ، وهو كتاب مخصص لدراسة مستسعر «نوفا Nova » 1572 التي يضعها في السماء فوق القمر وأعلن دغجز خطأ نظام «بطليموس». وفي سنة 1576 في كتاب برفيت دسكريبشن أوف ... Perfit Description of the الذي ضمه الى اعادة طبعة بروغنوستيكاسيون Prognostication، وكان وضعه والده ليونارد دغجز Leonard Digges ذهب « توماس دغجز » الى أبعد من ذلك . ففي «الوصف» دسكريبشن الذي يعتبر تاريخاً مهماً في تاريخ الفكر البشري لم يكتف توماس دغجز بترجمة بعض صفحات ريفوليسيونيبوس بل أعطى عرضاً « ممتازا » للنظام الكوبرنيكي الفلكي بل وايضا ، تجاوز « كوبرنيك »، وانكر وجود كرة الثوابت . واعلن ان المدار التي توجد فيه الكواكب على مسافات مختلفة من الشمس يمتد الى اللانهاية في الأعالي . لا شك أنه يماهي ايضاً هذا المدار اللامتناهي مع مملكة السماوات ، ويجعله مأهولاً بالقديسين والملائكة . ورغم هذا فانه يعتبر الأول قبل برينو Bruno ، في التأكيد على لانهائية الكون الشمسي وانه فجر القبة السماوية التي تحيط بالكون وتحده . و«دغجز» هذا هو الأول الذي تجرأ على انكار أية قيمة للاعتراض الكلاسيكي على حركة الأرض وعلى ذريعة الحجر المقذوف من اعالي البرج . واكد أن هذه التجربة لا يمكن ان تثبت شيئاً لأن الحجر المتروك من اعلى سارية سفينة وهي تسير يقع عند أسفل السارية.

هل ان دسكريبشن Description الذي وضعه « دغج » كان غير معروف عند الانكليز ؟ ربما

كان وليم جلبرت William Gilbert قد قرأه . فقد انكر هذا الأخير ، بقوة اكثر من« دغجز » وجود الكرات السماوية وقال بلا نهائية الفضاء والكواكب التي تعمُرُه وبالمقابل ، وفي كتابه المسمى ماغنيت De magnete 1600، أكد على الدوران اليومي للأرض وفسره بفعل القوى المغناطيسية ،ولكنه قد اغفل مناقشة الحركة المدارية . ويبدو « جيلبرت » هذا مثل باتريزي Patrizi وارسوز Ursus وغيرهما نصف كوبرنيكي .

فرنسا : الأمر الغريب ان فرنسا لم تعرف أي كوبرنيكي حق : ان بونتوس دي تيّار Pontus de Tyard ، وجون بينا Jean Péna وجاك بلتييه Jacques Peletier . لا يخفون تقديرهم للعقيدة الجديدة ولكنهم لا يؤيدونها علناً . اما بيار راموس Pierre Ramus الذي يفترض بعدائيته للأرسطية ان تحمله على تأييد « كوبرنيك » ، فهو يرفض في الواقع علم الفلك الجديد ، باعتباره مثل القديم مثقلاً بالفرضيات الفيزيائية والميتافيزيائية . وهو يريد علم فلك مبنياً على الحساب الخالص، محرراً من كل رابط بالكوسمولوجية أو حتى من ميكانيك سماوي شبيه ، بحسب رأيه بنموذج علم الفلك القديم الكلداني والمصري . لا شك أن كوبرنيك هو فلكي جدير بالاعجاب وقد رفض النظريات القديمة المبنية على وحدة مركز الدوائر وعلى الدوائر ضمن الدائرة الكبرى وخارجها ، واعاد احياء الفرضيات المدهشة التي تفسر الظاهرات بحركة الأرض لا بحركة الكواكب . ولكن للأسف يقول « راموس » ان كوبرنيك لم يرفض كل الفرضيات ، إذ كان من الأسهل عليه أن يضع علم فلك يتوافق مع المواقع الحقيقية للكواكب ، من « ان يحرك الأرض كعملاق » . ولهذا كان يأمل بوضع نظام فلك جديد قائم على الملاحظات وعلى المنطق والرياضيات مع رفض كل افكار القدماء . وزعم « كبلر » انه فعل ذلك : الم يرفض كل الفرضيات بما فيها فرضية الحركة الدائرية التي احتفظ بها « كوبرنيك » ؟

بطء الانتشار : رأينا ان الكوبرنيكيين كانوا قلائل في القرن السادس عشر ولكن الشروحات حول نظرية كوبرنيك كانت أقل بكثير . ومن الناحية العملية ، واذا استثنينا نراسيوبريما لريتيوكوس Narratio Prima de G.J. Rheticus فان الشروحات لا وجود لها . وبهذا الشأن لم يقم المعجبون ، وحتى المحبّذون لكوبرنيك،ولا ارستيتيوس Urstitius ولا ماستلين Mästlin ولا شريكن فوش Schrecken Fuchs الذين وضعوا تأويلات لسفيراسا كروبوسكو Sphaera de Sacrobosco أو لتيوريكا نوفا لبورباخ Theoricae novae de Peurbach ، جميع هؤلاء لم يلخصوا الكوبرينكية ، ولا أيضاً روثمان Rothmann ، أن تيكوبراهي Tycho Brahé هو الذي نشر سنة 1596 ، في كتابه ابيستولاروم استرونومكياروم ليبر Epistolarum astronomicarum liber الكتب والرسائل الذي ارسلها اليه « روثمن » دفاعاً عن « كوبرنيك » ضد هجمات الفلكي الدانمركي . أما « ريتيكوس »، وان اصدر سنة 1550 الروزنامات الكوبرنيكية الصريحة ، فلم ينشر ناراسيو سيكوندا Narratio Secunda الذي اشار اليه في كتابه «بريما»والذي لم يجعله صدور ريفوليسيونيبوس ، وهو كتاب صعب مثل كتاب « المجسطي » ، عديم الفائدة على الأطلاق . ويبدو فضلاً عن ذلك انه اهمل بصورة تدريجية علم الفلك وخصص كل طاقته لوضع علم للمثلثات الذي احتل فيه ريتيكوس Rheticus مكانة مشرفة جداً الى جانب الدانمركي توماس فنكي Thomas Fincke (جيوماتريا روتندي 1583

Geometrica rotundi) . وكان في الواقع الأول في معالجة الوظائف الستّ التريغو نومترية بصورة منهجية . وقد تضمن كتابه اوبوس بالأتينوم دي تريونجولوس opus palatinum de triangulis (نوستاد 1596) والذي اكمله تلميذه فالنتين أوثو Valentin Otho ونشره بدلاً منه ، وهو كتاب ضخم (نصف قطع) ، تضمن جداول عن هذه الوظائف ، محسوبة من عشر ثوانٍ إلى عشر ثوانٍ والشعاع اعتبر مساوياً 10^{10} ثم 10^{15} .

العقبات الرئيسية : هذا الانعدام الكامل للكتب التي تعرض لنظرية « كوبرنيك » يثير العجب ، ويُفسر جزئياً من دون شك، بالخوف، الذي يعترف به شريكن فوش Schrecken Fuchs بشرف: الخوف من معارضة سلطة « ارسطو » والوحي . وايضاً يجب التوضيح ، وعدم المبالغة في أهمية التعارض بين القول بمركزية الشمس Héliocentrisme والمعتقد الديني .

وبهذا الشأن يبدو أن الكنيسة الكاثوليكية لم تدرك خطر الكوبرنيكية ، قبل ان يتولى جيوردانو برونو Giordano Bruno ـ الذي جعل لا نهائياً كون كوبرنيك بحيث غيَّر بنيته كليةً ـ استخراج نتائجه الكامنة . ويبدو ان «كالفيوس» كان ، أول كاثوليكي قال ، بوجه « كوبرنيك » ، ليس فقط باستحالة نظريته فيزيائياً، بل بكونها تتعارض مع العديد من المقاطع في « الكتابات المقدسة » (Commentarii in sphaerans تأويل حول الكرة . . . روما 1570) ، الأمر الذي لم يمنعه ، رغم ذلك ، من امتداح كوبرنيك كفلكي بارع ، مع رفضه « للجداول البروسية» لرينهولد Reinhold كأساس لاصلاح الروزنامة . وبالمقابل ، نشر رجل دين اسباني ، هو ديغو زونيغا Diego de Zùñiga سنة 1584 «تفسيراً لسفر أيوب، حاول فيه اثبات ان «التوراة» لا يتعارض مع «المفاهيم الفيثاغورية السائدة في عصرنا والتي جددها كوبرنيك » .

وبدت الكنائس البروتستانتية اكثر بعد نظر ، فتصرفت في الحال . فقام « لوثر ، Luther » ، قبل نشر دي ريفوليسونيبوس ، ثم لحقه « ميلانكتون Melanchthon » ،يناديان بالحكم على العقيدة الجديدة بأنها تعارض « الكتاب » ، وأقام العالمان البروتستانتيان بوسر Peucer سنة 1551 وتيودوريك Théodoric سنة 1564 ، بوجهها الحجج الفيزيائية ثم حجية « التوراة » «La Bible» وقد فعل تيكو براهي «Tycho Brahé» مثلهم كما نعلم .

ولكن المعارضة الدينية ، التي لعبت الدور الرئيسي لم تصدر عن البروتستانت . فقد جاءت الحجة :«مخالفة للكتاب المقدس » Ex auetoritate scripturae sanctae تنضاف الى الحجج الفيزيائية وتؤكدها . ولكن هذه الحجج ، كانت ، في اساسها ، قوية بذاتها لتدحض القول بأحقيّة دوران الأرض . الىهذه الصعوبات اشار أنصار الكوبرنيكية : فهذه النظرية لا تتعارض فقط مع الحس السليم ، بل مع تراث فلسفي مستقر ومتماسك ، تدخل فيه الكوبرنيكية كجسم غريب فضلاً عن ذلك. ان الكوبرنيكية تتعارض مع تراث جامعي وتربوي ، وتبدو امام فكر من القرن السادس عشر ، مشوبة بصعوبات قصوى. فقد افترض بهذا الشأن كل من شريكن فوش Schreck en fuchs وماستلين Mästlin وأيضاً ستيفن Stevin ، وهو مؤلف أول معالجة علمية للكوبرنيكية

(راجع ابيومنيماتاماتيماتيكا) بعد معالجة كبلر Kepler ، قال هؤلاء جميعاً بأن المفهوم والأساليب الكوبرنيكية هي أصعب من مفاهيم واساليب التراث ، وليست اسهل منها كما يبدو لنا ذلك . واكثر من ذلك ، وليس اقله انها تشير الى شيء - هو دوران الأرض - يتعارض مع الحس السليم ويقتضي من الطلاب جهداً تجريدياً هم غير مؤهلين له ، واكثر من ذلك ايضاً ان تفسير الظاهرات على انها مجرد مظاهر تحدثها تشابكات الحركات الكوكبية مع حركة الأرض، ان هذا التفسير هو أكثر تعقيداً من التفسير الذي يقدمه علم الفلك القائل بمحورية الأرض (جيو سونتريسم) . واعتبر هؤلاء ايضاً أن علم الفلك الكوبرنيكي لا يمكن أن يدرَّس إلا في نهاية الدراسات. ولهذا استمر الكوبرنيكيون في تعليم علم الفلك البطليموسي ، بوعي تام وكامل ، كما فعل ذلك ايضاً « غاليليه » في بادو . ولكن الوضع تغير في القرن السابع عشر بفضل الاكتشافات المرصدية وبفضل نشوء فيزياء جديدة وتراجع الأرسطية . وكل ذلك جعل الحجج التقليدية واهية . ولكن العامل الديني هو الذي اصبح ضاغطاً ، وتغير الوضع : وقامت الكنيسة الكاثوليكية تعارض بشدة وعنف معارضة عقيمة . اما الكنائس البروتستانتية فتساهلت - ربما لعجزها - وتركت غيرها يتصرف . وفي القرن السادس عشر كانت المعارضة الجامعية والفلسفية هي السائدة : فقد كان من المقبول تماماً أن يستعمل التقني اساليب الحساب الجديدة ، ولكن كان من غير المقبول تعليم نظرية غير معقولة على اساس انها صحيحة .

اصلاح الروزنامة : عرف النصف الثاني من القرن السادس عشر تحقيق اصلاح مهم هو وضع روزنامة جديدة ، هي الروزنامة الغريغورية ، والتي ما تزال حتى اليوم معتمدة في العالم كله تقريباً . وكان الهدف من هذا الاصلاح ايجاد التوافق بين الروزنامة المدنية الكهنوتية وبين المعطيات الفلكية التي فرضت نفسها : وخاصة من اجل حساب تاريخ عيد الفصح الذي به تتعلق كل الأعياد الأخرى المتحركة في السنة الطقوسية . والروزنامة الجوليانية التي اعتمدتها الكنيسة في مجمع نيسة سنة 325 ترتكز على سنة مدارية استوائية مدتها 365 يوماً وربع اليوم : من هنا الحقبة الرباعية السنين ، وقوامها 3 سنوات كل سنة فيها 365 يوماً ثم سنة كبيسية رابعة 366 يوماً . الا أن السنة المدارية الحقيقية هي فعلاً 365 يوماً و5 ساعات و48 دقيقة و46 ثانية . وهذا الفرق البالغ 11 دقيقة و 14 ثانية بالسنة يتوافق مع خطأ مقداره يوم واحد كل مئة وثمانٍ وعشرين سنة : وهكذا فان التعادل الربيعي الذي كان في أيام «يوليوس قيصر»يقع في 25آذار، قد تراجع عند انعقاد مجمع نيسة حتى تاريخ 21آذار. وفي القرن الثامن لم يشر بيد المحترم Bède Le Vénérable الى تقدم ثلاثة أيام بالنسبة الى التاريخ المعتمد من قبل مجمع نيسة. وفي القرن الثالث عشر قدر ساكروبوسكو Sacrobosco في كتابه السنةالحقيقية (آني راسيوني Anni Ratione) ، ان السنة يجب ان تقصر . وكذلك روجر باكون Roger Bacon في كتابه تعديل الروزنامة (ريفورماسيوني كالانداري De reformatione Calendarii)، اقترح على البابا كليمان الرابع Pape Clément IV قرار الواقع الفلكي . ولكن اقتراحه لم يلاق استجابة عند البابا .

ومع تقدم علم الفلك وتزايد الفرق اصبحت المسألة مطروحة . في بيزنطة في القرن الرابع عشر

درس ماتيو بلاستارس Matthieu Blastarès حساب تاريخ عيد الفصح واعتبر نقفور غيريغوراس ان الاصلاح اصبح محتوما . ولكن الامبراطور اندرونيكوس Andronicos رفض الاقتراح لأسباب سياسية . وفي الغرب طلب بيار دالي Pierre d'Ailly في سنة 1414 من مجمع كونستانس ومن البابا يوحنا 23 Pape Jean XXIII ، ان يتخذ التدابير اللازمة . وبعد ذلك بقليل تدخل «نقولا دي كوي» بذات المعنى . واستدعى البابا سيكست الرابع Pape Sixte IV الى روما ريجيو مونتانوس Regiomontanus وذلك في سنة 1476 ، فقام هذا الأخير باعداد الاصلاح ولكن المشروع توقف بموت الفلكي الكبير . وفي القرن السادس عشر طرح الموضوع من جديد في مؤتمر لاتران Latran سنة 1512 وكتب فيه الكثير ولكنه لم يتحقق . واخيراً ، وفي سنة 1582 أمر غريغوار الثالث عشر Grégoire XIII بأن تعتمد الكنيسة الكاثوليكية نظاماً جديداً في الحساب سمي الرزنامة الغريغورية أو المنهاج الجديد . ويرتكز على نظام وضعه الطبيب الفلكي النابولي لويجي ليلو Luigi Lilio . ولكن هذا الطبيب مات قبل اعتماد حسابه بصورة رسمية . واسندت المهمة في إكمال المشروع إلى كلافيوس Clavius ، لكي يقوم بالحسابات العديدة التي جُمعت في مجلد ضخم تحت عنوان : روماني كالاندري غريغوريو 13 ب . م. . . . Romani Calendarii a Gregorio XIII P. M.... (روما 1603 ,680 صفحة نصفية) . ولتصحيح الخطأ المنهجي في الروزنامة الجوليانية ، أُلغيت ثلاث سنوات كبيسية كل اربع مئة سنة (أي السنوات التي يكون الفها عدداً صحيحاً من المئات غير القابلة للقسمة على أربعة) . وكان تصحيح تقدم السنة المدنية على السنة الفلكية بذاته سهل التحقيق . اذ يكفي الغاء عشرة أيام . وتأكد غريغوار الثالث عشر Grégoire XIII من موافقة حكومات البلدان الكاثوليكية واصدر مرسوماً في آذار سنة 1582 يقضي بأن اليوم الذي يلي عيد سان فرنسوا Saint François ، أي 4 تشرين الأول سنة 1582 ، سوف يعتبر اليوم 15 من ذات الشهر .

ولكن الصعوبة الأكبر كانت تكمن في ايجاد اساس ثابت لاحتساب الفصح ، وهذا يتطلب دمجاً للمعطيات الكواكبية الشمسية والقمرية . وبالفعل ، وبحسب قرارات مؤتمر نيسه كان الاحتفال بعيد الفصح في يوم الأحد الذي يلي اكتمال القمر . وهذا يقع في يوم تعادل الليل والنهار أو في اليوم الذي يليه مباشرة . بشرط أن يحدد يوم الفصح بيوم الأحد التالي اذا كان تمام القمر يقع يوم أحد ، وبشرط أن لا يتطابق اليوم المختار مع عيد الفصح اليهودي .

واحل ليليو Lilio من اجل هذا الحسابات المنفذة بواسطة الأيام الذهبية (المؤسسة على دورة ميتون Méton)، وذلك بحساب عمر القمر في أول كانون الثاني من السنة . وتميز هذا النظام المعقد والكيفي ـ لأن اكتمال القمر قد يختلف بيوم او يومين عن اكتماله الحقيقي أقول تميز هذا النظام بأنه يتيح تحديد تاريخ عيد الفصح بما يتلاءم مع الشروط التي وضعها مؤتمر نيسه . وقد قبل اخيراً بعد ادخال بعض التعديلات الشكلية عليه من قبل كل الكنائس المسيحية في الغرب . واعتمدت الروزنامة الغريغورية كل من ايطاليا واسبانيا والبرتغال ، وذلك بالتاريخ المحدد من قبل روما . اما فرنسا

فاعتمدته في شهر كانون الأول سنة 1582 واعتمدته المانيا الكاثوليكية في السنة التالية . أما البلدان البروتستانتية من المانيا فظلت تعارض قبول الروزنامة البابوية طيلة اكثر من قرن ولم تعتمدهاالا سنة 1700 . أما بريطانيا فظلت حتى سنة 1750 وفي سنة 1752 اصبحت الروزنامة الغريغورية شرعية في انكلترا . وفي 2 أيلول 1752 اضيف 14 الى التاريخ . واغتنمت المناسبة لنقل بداية السنة من 25 آذار الى أول كانون الثاني . أما الكنيسة الأورثوذوكسية فقد رفضت التجديد الروماني .

وفي سنة 1923 ادخل النظام الجديد الى روسيا بصورة نهائية .

العالم اللامتناهي عند جوردانو برونو Giordano Bruno : لم يكن جوردانو برونو - 1548) (1600 فلكياً ولا فيزيائياً ولا رياضياً . ولكن في تلك الحقبة كان علم الفلك مرتبطاً بعلم الفيزياء والإثنان مرتبطين بعلم الكوسمولوجيا أي علم الكون .

ولكن بنوع من الالهام العبقري السابق لاكتشافات « غاليليه » الرصدية ، ومتجاوزاً« الى حد بعيد تصورات امثال «دغجز» و « بنيدتي »، ادرك « برونو » لا نهائية علم الفلك الجديد الأساسية . وواجه الرؤية الوسيطية لكون منتظم ونهائي - رؤية وان تكن معدلة ظلت تسيطر على فكر شخص مثل « كوبرنيك » وحتى « كبلر » - تصوزه الذاتي لكون لا نهائي ضخم وغير قابل للعد مقطون بعدد لا نهائي من العوالم الشبيهة بعالمنا («في لا نهائية الكون والعالم»1584 . ثم «لا عددية ولا امكانية تصور ضخامة الكون»1591) . هذه الرؤية ، اضافة الى الانتقاد العنيف للأرسطية التي سوف ينشرها في أوروبا بحماس الرسول ، هي التي سوف تكلف « برونو » حياته[1] .

ومنذ 1584 ، أي بعد كتابه سينادولا سينيري Cena de le ceneri قدم لنا « برونو » عرضاً ودفاعاً عن نظام الفلك الكوبرنيكي . عرض ممتاز رغم بعض الأخطاء ودفاع اغنى به أفكار معلمه وحولها ، مستخدماً بشكل ذكي جداً افكاراً قدمتها الفيزياء الدافعة . يقول «برونو» : ان الحجج الكلاسيكية ضد حركة الأرض وحركة الرياح والغيم والطيور لا تصلح لأن الهواء يحيط بالأرض (واذا تحركت هذه انجر الهواء بحركتها) . اما برهان الحجر المتروك من اعلى برج او المقذوف عامودياً في الهواءفهو محلول بنفس الأسلوب . وهذا البرهان الشهير لا قيمة له لأنه يهمل كون التجربة تحصل على الأرض : وكل الأشياء التي تحصل على الأرض تتحرك معها وتتحرك بالنسبة الى الأرض بنفس الأسلوب كما لو كانت الأرض جامدة . وبالعكس من « كوبرنيك » الذي يميز بين حركة الأرض الطبيعية والحركات العنيفة التي تحدث للأشياء فوقها ، يرى « برونو » ان هذه الحركات جميعاً متشابهة . ولهذا لا يتذرع بفكرة طبيعية دوران الأرض بل بالمشابهة القائمة بين حركة الأرض وحركة سفينة تنساب على سطح الماء . ان حركة السفينة العامة لا تؤثر في حركة الأشياء الموجودة على ظهر السفينة . وكذلك الأمر بشأن حركة الأرض : والظاهرات التي يُتَذَرّع بها لا تحدث إلا إذا تدخل

---

(1) أوقف من قبل محاكم التفتيش سنة 1592 وظل في السجن 8 سنوات . وبعدها أحرقت الكنيسة في روما برونو بعد ان أخرجته من الدين وذلك في 17 شباط 1600

المختبر بنفسه في حركتها . ويجيب « برونو » على الاعتراض الأساسي ضد هذه الحركة القائمة على فكرة الثقل النوعي والخفة وعلى الأماكن الطبيعية وعلى الحركات الطبيعية وهي مفاهيم تشكل الأساس في فيزياء « ارسطو »، على هذا الاعتراض يجيب « برونو » ان الثقل النوعي او الخفة لا تنطبق على الأجسام الطبيعية المتكونة بصورة طبيعية اي اذا اخذت بذاتها ، كما لا تنطبق على الكرات الكاملة . . مثل الأرض والنجوم . . ان الثقل النوعي ليس الا ميل الأجزاء للإلتقاء في مكان واحد . ولكن برونو تجاوز كوبرنيك وتذرع « بافلاطون » ففسر ، كما فعل « بيندتي » ، بأن الثقل والخفة هما أوصاف نسبية .

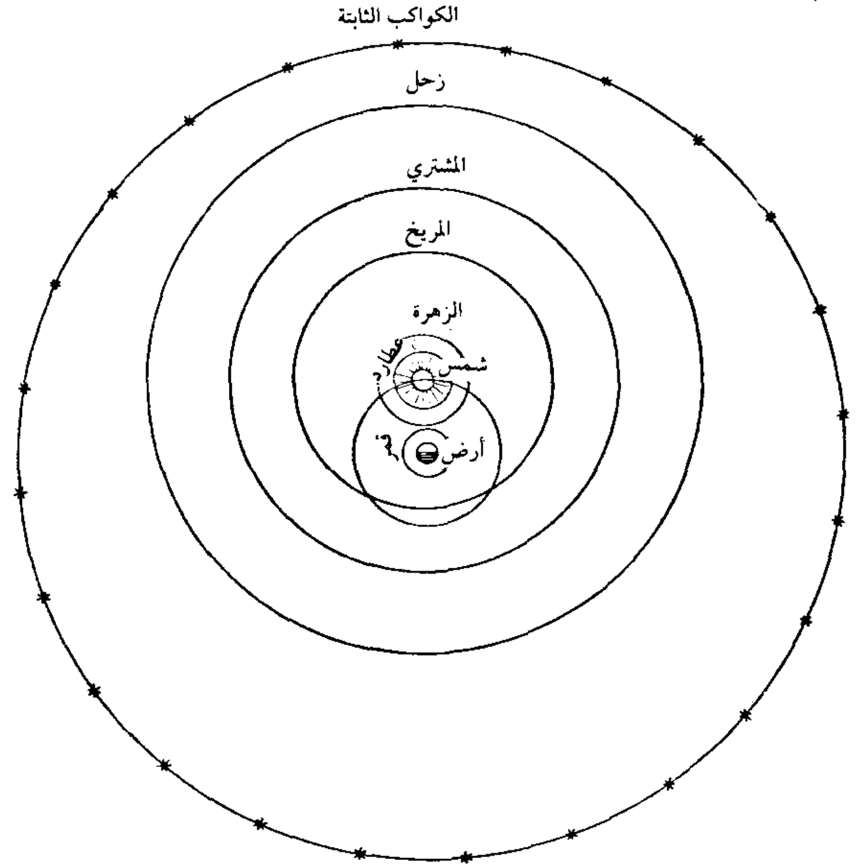
اما الأمكنة الطبيعية فلا وجود لها هي ايضاً . اذ في عالم « برونو » أو بصورة أدق في كونه ـ لأن العالم ليس الا آلة مثل نظامنا الشمسي ، شبيهة بما لا يحصى من العوالم من ذات النوع ـ أقل مما هو في كون « نقولا دي كوي »، الذي ينطلق بخط مستقيم رغم عدم كونه غير محدود ولكنه لا نهائي من الناحية الوضعية ، فلا يمكن أن يكون هناك امكنة خاصة مميزة ، ولا اتجاهات محددة بذاتها . والأعلى والأسفل ليسا إلا مفهومين سببيين. أما مفهوم وسط العالم فلا معنى له. لأن هذا المركز موجود في كل مكان لأنه غير موجود في أي مكان . ولهذا فسكان الكواكب الأخرى، لهم نفس الحقوق التي لنا في ان يعتبروا انفسهم في المركز . كثيراً أو قليلاً . اذ في كون « برونو »، ليست الأرض هي التي تشبه الكواكب بل الشمس بالذات التي تخسر مكانها ودورها المميز . فهي ليست الا مركز « آلتنا » ، كوكباً بين الكواكب الكثيرة . التي هي شموس تشبه شموسنا .

ونقف مذهولين امام جرأة وأصالة فكر برونو ، الذي يضع اللامحدودية الفكرية ضد محدودية العقل الأرسطي ، والذي يجري تحولاً ثورياً في الصورة التقليدية للعالم وللحقيقة الفيزيائية. لا نهائية الكون ، وحدة الطبيعة ، هندسة الفضاء ووراءهما نسبية الحركة: ان الكون الوسيطي لم يعد له وجود . حتى ليمكن القول انه قد انفجر وزال في الفضاء ، جاراً معه الفيزياء الأرسطية وتاركاً المكان حراً أمام العلم الجديد ، علم «غاليليه» و« ديكارت » و « نيوتن »، علم لم يستطع « برونو» للأسف أن يؤسسه .

IV ـ تيكو براهي TYCHO BRAHE

معارضة تيكو براهي Tycho Brahé لنظام كوبرنيك Copernic : تبدو لنا الحجج التي ادلى بها « برونو » ضد خصوم الكوبرنيكية من الأرسطيين مقنعة لأننا نقبل الكوسمولوجيا اللانهائية والأنتولوجيا (علم الكائن) الفضائية حيث تستمد هذه البراهين افضل قوتها . ولكن هنا بالضبط يكمن السبب الذي جعلها ، في عصرها غير معتبرة من احد : لا من «تيكو براهي » الذي عارض الكوبرنيكي « روثمان » بالحجج التقليدية بعد ان البسها لباس العصرية . ولا من « كبلر » الذي دافع عن « كوبرنيك » ضد « تيكوبراهي »، مدليا بوجه الفلكي الدانمركي بالحجج الجديدة التي ليس اي منها برونوياً. ذلك انه ، بالنسبة الى معاصري برونو ، بدت رؤيته للكون اللامتناهي اعتباطية، بدون اساس في المعطيات الفلكية ، وبالتالي اقل قبولاً من نظام كوبرنيك وقد زعمت انها اتت لنجدته

وتدلنا حالة تيكو براهي على قوة العقبات التي كان على علم الفلك الجديد ان يتخطاها ، وتعرفنا بأن الشرط الأساسي والمسبق لقبولها بشكل عام هو تشكيل فيزيـاء جديـدة ، واحدة لعـالم الأرض ولعالم السماوات . واذا كان « كبلر » لم ينجح في انجاز هذا التوحيد بين الفيزياء الأرضية والفيزيـاء السماوية ، الا انه فهم ضرورته . وغياب مثل هذه الفيزياء يوجد المبرر « لتيكو براهي » . لقد كان يحتج دائماً ضد تفسير نظامه ، (الذي يقوم على جعل الكواكب تدور حول الشمس والشمس حـول الأرض ـ وهذا ، من وجهـة النظر الـرياضيـة ، لا من وجهة النـظر الفيزيـائيـة ، واحـد تمـامـاً) بـأنـه منبثق من نـظام « كوبرنيك» ؛ كما كان يؤكد دائماً أن تصوره قـد تكوَّن بصـورة مباشـرة انطلاقـاً من المعطيـات القابلة للرصد .



(صورة 6 ـ كون تيكو براهي (سنداً لـ و. فون غوريك « التجربة الجديدة » Experimenta Nova 1672)

ورغم ذلك يبقى أن «تيكو براهي» قد وضع نظامه بعد ان اطلع على عمل « كوبرنيك » ـ الذي طرح تصوراً اعتبره ممكناً ـ وبعد أن تقبل انتقاد « بطليموس » من قبل هذا الأخير .

كان « تيكو » يقبل حتماً بنظام « كوبرنيك » لو أنه لم يُمْنَعْ من ذلك بصعوبات بدت له لا تذلل . ومن بين هذه الصعوبات كان التعارض بين هذا النظام والتوراة. ولكن العامل الحاسم الذي منع «تيكو براهي» من تبني الكوبرنيكية ، هو استحالة العثور على مسار الثوابت رغم صحة الملاحظات واستحالة قبول حركة الأرض . وهذا ما تجلى بوضوح من مناظرته مع «روثمان » .

لم يكتف «تيكو براهي» بايراد البراهين الكلاسيكية ضد «روثمان » : بل عَصْرَنَ النقاش وذلك باللجوء الى اختراع شاع يومئذ وهو المدفع . ولذلك أكد، ان مساواة المدايات الحاصلة بعد القذف بنفس المدفع وبنفس الشروط نحو الشرق ونحو الغرب هي حجة حاسمة ضد فرضية دوران الأرض . ومن وجهة نظر الفيزياء القديمة وحتى من وجهة نظر ديناميك الدفع ، هذا الديناميك الذي تبناه « برونو» ، بدت حجج « تيكو » صالحة ، ولهذا كان على حق بان يقول لنا ان حركة الأرض مستحيلة القبول طالما ان احداً ، وبحجج جديدة ودامغة ، لم يقدم على اثبات أن الحركة العنيفة لا تُعَاقُ ولا تضايق ابداً بالحركات الطبيعية التي هي السقوط ودوران الأرض ، وبقول اخر طالما لم يتقرر بعد علم فيزياء جديد مرتكز على تصور جديد للحركة . اما براهين « تيكوبراهي » فقد عالجها طويلاً «كبلر » و«غاليله» . ولكن هذا الأخير وحده استطاع ان يدحضها .

الأهمية التاريخية لنظام «تيكو براهي» : ان معارضة تيكو براهي للثورة الكوبرنيكية يجب ان لا تنسينا المكان الذي احتله نظامه في وجدان عصره ، ولا أهمية اعماله من اجل تطوير علم الفلك لاحقاً . إذ بالنسبة الى علماء الفلك من النصف الأول من القرن السابع عشر بدا نظام تيكو براهي ، الذي دمج محاسن نظام « كوبرنيك » و « بطليموس » ، بدا وكأنه نظام ثالث للعالم - حتى ان باسكال Pascal ، في مقطع مشهور ، يقول انه من الصعب اختيار واحد من الثلاثة ، - واحد هذه الأنظمة يتفوق في كثير من النواحي على النظامين الأخرين ، لأنه يجمع بين امانة التجربة والحس السليم عند الثاني ، وبين الأناقة في الأول . ومن جهة اخرى ان اعمال « تيكوبراهي » هي التي اجهزت نهائياً على الكوسمولوجيا التقليدية وذلك بزعزعة الثقة في عقيدة جمود السماوات ، وذلك بعد القضاء على المدارات الثابتة الجامدة التي قال بها « بورباخ » و« كوبرنيك » ، واخيراً بعد ان اوجد من العدم علماً فلكياً مبنياً على الرصد والملاحظة ، معطياته دقيقة للغاية لم تعرف من قبل . كل ذلك حمل « كيبلر » على وضع علم فلك جديد وليس فقط كوسمولوجيا جديدة .

الأرصاد الأولى عند « تيكوبراهي» . تصحيح الجداول : كان تيكو براهي 1546 - 1601 سليل عائلة نبيلة من الدانمارك ، بعيدة كل البعد عن أي اهتمام علمي . فقد كانت النبالة الدانماركية احدى اغنى النبالات في أوروبا ولكنها كانت من اجهلها، ولكن تيكوبراهي منذ طفولته أولع بعلم الفلك . وكانت تحمسه فكرة ان هذا العلم يتيح التنبؤ بحركات الكواكب السماوية ، ودرس بشكل لا يكل ، في جامعة كوبنهاغن حيث دخل وعمره ثلاث عشرة سنة ، ثم درس في ليبزيغ وروستوك وبال فيما بعد . وكان يقضي الليالي الطوال يرصد السماء . وفي سن السابعة عشر اي في سنة 1563 سجل أول رصد له : وهو رصد التقاء زحل مع المشتري . ولاحظ بهذه المناسبة عدم صحة الجداول التي كان

بمتناول علم الفلك في ذلك الحين . وبالواقع ان هذا العيب كان معروفاً من الجميع .وقد حاول برنارد ولتر Bernhard Walther ثم ريجيومونتانوس Regiomontanus تلافي هذا الخطأ بواسطة رصود جديدة . وقام بهذا المشروع بعدهما رينهولد Reinhold الذي نشر جداوله البروسية الشهيرة سنة 1551 . ومن أجل تحسين هذه الجداول الجديدة بنى الأمير غليوم الرابع Guillaume IV امير هسكاسل ، في 1561 مرصداً وقام بنفسه اولاً ثم بعد سنة 1577 ، بمساعدة « كريستوفر روثمان » والرياضي الساعاتي السويسري جوست بورجي Jost Bürgi ، بسلسلة كبيرة من الرصود بقصد تحديد موقع النجوم الثوابت وكذلك رصد وتحديد حركات الكواكب. وقد نشر سنليوس Snellius هذه الأرصاد سنة 1618 .

وتوصل « تيكو » من جهته الى القناعة بوجوب وضع جداول جديدة بدلاً من تصحيح الجداول المنتشرة . ومن اجل ذلك يجب اصلاح الأساليب الرصدية بالذات . وقد اعتبر « كوبرنيك » ان المعدات المستعملة يومئذ تعطي اخطاء هامشها عشر دقائق ، وهو هدف لا يمكن تحقيقه أو تجاوزه. اما « تيكوبراهي » فقد فكر بالثواني لا بالدقائق. ولهذا بدأ عمله ببناء اجهزة رصد لم يحلم بها انسان قبله : واول هذه الأجهزة كان المربع الكبير لقياس ارتفاع الكواكب ، وكان شعاعه 19 قدم . وبنى المرصد في أوغسبورغ حيث بقي من سنة 1569الى سنة 1570، وذلك بمساعدة مهندس في المدينة. ومن اجل تحديد المسافات في الزوايا بنى سداسياً شعاعه 5 اقدام ونصف . ومن اجل تدوين نتائج ملاحظاته بنى كرة كبيرة قطرها 5 اقدام . وهذا يدل تماماً على أنه بعد ذلك التاريخ صمم على اعادة صنع خارطة السماء.

كوكب « النوفا Nova » لسنة 1572 و« مذنب » سنة 1577 . وتأثيرهما على تشكيل نظام « تيكوبراهي » : كانت اعمال تيكوبراهي الأولى، بعد ان عاد سنة 1570 الى الدانمارك ، منصبة على (نوفا 1572 وعلى المذنب الكبير في سنة 1577) .

وظهور هذا الكوكب « النوفا » التي تجاوزت سمعته سمعة سيريوس Sirius وحتى الزهرة Vénus، أثر تأثيراً عميقاً في معاصريه . وكان من الواجب التحديد اولاً هل هي حقاً كوكب ، الأمر الذي يعارض المعتقد حول لافسادية السماء ، أو هي فقط مجرد مذنب أي أنها ظاهرة تنتمي - كما كان الاعتقاد سائداً يومئذ ـ ، الى عالم ما فوق القمر.

وظلت « نوفا » مرئية ظاهرة حتى سنة 1574 . ولكن منذ 1573 اثبت «تيكوبراهي» أن الكوكب الجديد بما أنه ليس له أي مدار ملحوظ فيجب أن يوضع في موضع وراء كرة زحل ، وعلى مسافة من الأرض تعادل على الأقل 13000 مرة نصف قطر الأرض. وكان«تيكو» يرى أن شعاع كرةساتورن (زحل) يساوي 12300 وشعاع الثوابت 14000. إذا فإن نوفا هي كوكب حقاً وظهورها، إبداع جديد ، يعارض بديهية ثبات وعدم تغير السماوات . وقد أورد « تيكو » ذلك كله في كتابه : « دي نوفا ستلا De Nova Stella الذي نشره في كوبنهاغ سنة 1573 . ثم زيد عليه واعيد طبعه في كتابه :

آسترونوميا . . . بعد وفاته ، 1603 . والأهم من ذلك كان ظهور المذنب الكبير سنة 1577 . ليس لأنه احدث على المعاصرين تأثيراً كبيراً ، وكـان أسـاس ادب كبير كواكبي ، بل لأنه كان أول مذنب رصد بشكـل منهجي وجدي ، خـاصة من قبـل « تيكو بـراهي » وماستلين Mästlin اللذين اقـرّا ، كل من جهته ان مدار المذنب كان صغيـراً جداً ، وانـه ، من جراء ذلـك ، فهو مـوجود خـارج كرة القمـر بل وأيضاً خارج كرة (الزهرة) .ان الطبيعة فـوق القمريـة أو السماويـة للمذنبـات ـ وهي عنصر جديـد في التغيير الداخل على السماوات ـ لم تُستقبل بدون ممانعة ومقاومة . والعجيب في الأمر ان « غاليليه » كـان من بـين الخصوم . ثم ان تيكـو Tycho وجد ان مسـارات مختلف المذنبـات التي امكنه رصـدهـا كانت تتقاطع وتمر في المدارات الكوكبية . الأمر الذي حمله على الشك في الـوجود الحق لهـذه المدارات ، وحمله اخيراً على انكار هذا الوجود جملة . لا شك ان هذا لم يكن بالأمر الجديد : فالرشديون وتبعهم بونتوس دي تيـار Pontus de Tyard وبينا Péna أكـدوا بـان دوائـر الفلك البطليموسي لم تكن الا بنـاءات رياضية . وعلى كل كان معظم الفلكيين ـ والفلاسفة ـ يؤمنون بالكرات الجامدة.. ولهذا فتحطيم هـذه الكرات من قبل تيكوبراهي Tycho Brahé يعتبر تاريخاً مهماً

اما فيما خص تيكوبراهي Tycho Brahé بالذات ، فتدمير الكرات مكنه ، اثناء رسمه خطة عالمه الذي تتحرك فيه الأجسام السماوية بحرية في الفضاء ، ان لا يخصص مناطق لكـل كوكب من هـذه الكواكب بـل تركهـا يجتاز بعضهـا فضاء بعضهـا الآخـر ، ممـا يحـد من حجمهـا . ان كـون « تيكوبراهي » هو اصغر الأكوان . انه اصغر من كون « كوبرنيك »، بل أكثر من ذلك أنه اصغر حجماً من كون « بطليموس » بمرتين . حتى ليمكن القول ان كرة العالم ضاقت قبل ان تنفجر .

ولم يدون «تيكو براهي» اكتشافاته حول مذنب سنـة 1577 الا في سنة 1588 وذلـك في كتابـه المسمى : ديمندي . . . De Mundi aetherei... الذي احتوى ، فضلاً عن ذلـك مراجعـة انتقاديـة لأهم النشرات المتعلقة بهذا المذنب كما وضع رسيمة صغيرة لنظامه الكوني الذي يقول هو فيه انه وجده «بالإلهام » سنة 1583 .

هذا التأخـير تسبب له بـازعاج مفـاده ان نقولا ريمـرز Nicolas Reymers المسمى ارسوس Ursus (بار Bär) الذي زاره لعدة سنوات خلت ، يقدم نظاماً للكون (فوندمونتون استرونوميكوم Fundamentum astronomicum) ، ستراسبورغ 1588) ، في هـذا النظام اعتقـد «تيكو» انـه تعرف على نظامه محرفاً قليلاً . فقد جعل «ارسوس» الكواكب تدور حول الشمس والشمس تدور حول الأرض . ولكنه يعزو الى الأرض حركة دائرية . واتهمه تيكو Tycho بالسرقة والتزوير . في هذه الأثناء أصبح ارسوس Ursus مستشاراً رياضياً امبراطورياً ، فرد بمقالة هجومية عنيفة جداً اتهم فيها «تيكـو» بأنـه سرق ابولونيوس Apollonius (الذي كان نظامه قد عرض من قبل كوبرنيك Copernic) ومن قبله بالذات (دي استرونوميسيس ايبوتزبوس De astronomicis hypothesibus ، براغ 1597) .

مرصـد أورانيبـورغ **Uraniborg** : ان التـأخـير في نشر كتـاب مـانـدي De mundi aetherei يفسره ان فردريك الثاني Frédéric II ملك الدانمرك عرض على « تيكوبراهي » بنـاء على ايحـاء من

« غليوم الرابع » امير هس كاسل عرضاً ملكياً حقاً ، وذلك في سنة 1576 ، وهذا العرض : اعطاء جزيرة هفين مع كل ايراداتها ، ومقاطعات أخرى ، مع معاش تقاعدي وتحمل كل نفقات بناء مرصد وشراء معدات ضرورية لتجهيزه الخ . واستعمل « تيكوبراهي » كل السنوات التي تلت لبناء قصره في اورانيبورغ كمسكن له ولعائلته ومساعديه وكمرصد ومختبر كيميائي كما انشغل ايضاً بصنع وتركيب الأجهزة ووضع برامج المراقبة المنهجية للسماء . ولم يفكر في النشر الا بعد عدة سنوات فأنشأ لهذه الغاية مطبعة خاصة سنة 1584 .

والمعدات التي استعملها « تيكوبراهي » والتي وصفها في كتابه استرونوميا انستوراتا ميكانيكا Astronomiae instauratae mechanica (واندسبك 1598) ـ كثيرة ، كما الحق بها بعد الانتهاء من « اورانيبورغ » ملحقاً آخر اسماه ستيرينبورغ Stierneborg مع غرف للمراقبة تحت الأرض حتى يحمي الآلات من حركات الفضاء . هذه المعدات تشكلا كُلاً رائعاً من الكرات المسلحة بعد ان بسطها واكملها «تيكو»، ومن المربعات والمسدسات المثبتة فوق احجار أو فوق الخشب . وكان لديه نوع من المزولة لقياس الأبعاد مثبتة فوق مسند كروي اضافة الى مربع حائطي مثبت لمراقبة مرور الكواكب في خط الهاجرة .

قيمة رصود تيكو براهي: يقوم مركز تيكو براهي الكبير لا على دقة وكمال رصوده الشخصية فقط بل على طبيعتها المنهجية الثابتة . وبالفعل فقد فهم مع قليل من الأوائل ان الرصود المتقطعة مهما كانت دقيقة لا تكفي ، إذ من الواجب رصد السماء والكواكب بشكل مستمر ، ليلة ليلة . وكان يعتقد أنه بعد اعادة رسم خارطة السماء وبعد جمع عدد من الملاحظات كافٍ حول الكواكب يمكن القيام بوضع نظرية حول حركات الكواكب . ومن الناحية العملية خصص العشرين سنة التي قضاها في هفين في الرصد . ثم ان جدولة الكواكبي يشكل قسماً من كتاب تابولا رودولفينا Tabulae Rudolphinae الذي أصدره « كبلر » سنة 1627 .

وفي اليوميات الرصدية التي وضعها « تيكو » وجد « كبلر » المعطيات ـ التناقضات العشرة في المريخ (مارس) التي أتاحت له أن يحل مشكلة حركتها وبالتالي اصلاح علم الفلك .

وبلغت رصود « تيكو » مبلغاً عظيماً من الدقة لا يمكن تجاوزه بالعين المجردة . فهي لم تحسن الا بعد مئة سنة من قبل فلامستيد Flamsteed ، الذي استعمل تلسكوبات قوية نسبياً . وحدد « تيكو » مواقع تسعة كواكب رئيسية في خارطته السماوية مع خطأ اقل من دقيقة وهو خطأ يعود الى المعرفة الناقصة بالانعكاس الفضائي . وكان تقديره لطول السنة الاستوائية لا يختلف عن الحقيقة الا بثانية واحدة . أما تتابع الاعتدالين فقد وجد له قيمة واحد وخمسين ثانية . وفضلاً عن ذلك خلص علم الفلك من الظن الخاطىء عن الارتجاج واعطى لفلك البروج ميلاً مقداره 23 دقيقة 31 ثانية ، ووضع اقصى طول الشمس على مسافة 95 درجة و30 ثانية من نقطة الاعتدال الربيعي ، وان اعطى هذه النقطة حركة سنوية صغيرة جداً 45 ثانية بدلاً من 61 فان خطأه اذا قيس باخطاء سابقيه وخاصة

« كوبرنيك » الذي قدر هذه الحركة بأربع وعشرين ثانية يكون قد انقص الفرق بما يعادل الثلثين .

كان «تيكو براهي» راصداً مدهشاً ولم يكن منظراً عالي المستوى . واذا كان قد حسن نظرية القمر ، حين وجد في حركة القمر شذوذين جديدين هما التغير والتساوي السنوي والتعادل فانه لم يصنع شيئاً بشأن حركات الكواكب وخروجها . فضلاً عن ذلك كان مولغاً على ما يبدو بالرغبة في اعطاء العالم الأحجام الأصغر الممكنة ولذلك صغر بصورة منهجية المسافات والأحجام في الاجرام السماوية . كما اتهم كوبرنيك بانه وضع الشمس بعيدة جداً عن الأرض وانه جعلها كبيرة جداً .

الغضب على «تيكو براهي» وابعاده، ثم أعماله الأخيرة : يبدو أن تيكوبراهي كان شخصية ممجوجةادارياً فاشلاً. فقد كان دائماً بحاجة الى المال ؛ وكان يصرف كثيراً ويستدين . وطيلة حياة الملك فردريك الثاني Frédéric IIكانت الأمور تسوى. ولكن الوضع تغير سنة 1588 عند مجيء كريستيان الرابع Christian IV . كان مستشارو الملك يدفعون الديون الكبيرة لتيكو ولكنهم كانوا يمنعونه من العودة الى الاستدانة . وكان تيكو يتخلص احياناً بفضل ثروته الكبيرة الموروثة . بل انه اسس مصنعاً للورق وطبع في سنة 1596 رسائله العلمية ولكن الأمور ساءت بصورة تدريجية . فقد نزعت منه ممتلكاته واحدة واحدة . وفي سنة 1597 حرم من المعاش الذي منحه اياه « فردريك الثاني » .

وضمن هذه الظروف قرر « تيكو » ان يهجر اورانيبورغ وان يذهب الى كوبنهاغن . ومنها ذهب الى المانيا ثم روستوك اولاً ثم الى واندسبك حيث قضى سنة . وهناك طبع كتابه المدهش استرونوميا ميكانيكا Astronmiae instauratae mechanica سنة 1598(حجم نصفي). ووزعت نسخ هذا الكتاب على العظماء يومئذ الذين من شأنهم الاهتمام بمصير علم الفلك وبمصير «تيكوبراهي » .

وضم تيكو الى النسخة المخصصة للامبراطور « رودولف الثاني » جدولاً مخطوطاً يعين مواقع الف نجمة . منها 777 نجمة مدروسة والباقية اضيفت على عجل .

وفي سنة 1598 أعلمه « رودولف الثاني » عن استعداده لتعيينه رياضياً ملكياً وان يضع تحت تصرفه كل ما يلزمه . وكانت اقامته في بوهاميا ناشطة متعبة نوعاً ما . ولكن الأمور سويت بصورة تدريجية . وفي سنة 1601 ضعف مجموع العمل عند تيكو بفعل ذهاب مساعده لونغومونتانوس Lon-gomonta nus . ولكنه عاد الى نشاطه باستلحاق « كبلر » فعاد الى مزاولة العمل .

واعيد طبع استرونوميا . الذي ظهر في سنة 1602 في براغ مع جدول بـ777 كوكباً وضعه «تيكو براهي » . وبدأ بوضع تابولا رودولفينا Tabulae Rudolphinae التي اسند القسم الأصعب فيها وهو دراسة حركات مارس (المريخ) الى «كبلر» . .

وبدأ المستقبل مشرقاً ولكن تيكو Tycho مات في 24 تسرين الأول سنة 1606. فأمر « رودولف الثاني » بأن يجرى له مأتم فخم وكلف «كبلر» بمتابعة عمله .

كان كبلر Kepler يعتقد بأن لقاءه مع «تيكو براهي» هو نعمة إلهية خاصة. وان نحن فكرنا بنتائج هذا اللقاء : ولادة علم الفلك الجديد ، وفكرنا ايضاً بالتأخير الذي كان يمكن ان يحصل في

تطور الفكر العلمي لاعطينا كبلر Kepler الحق ولـرأينا فعـل الارادة الآلهية يتجـلى ايضاً في مـوت « تيكو ». لقد أكمل « تيكو » عمله ؛ وجمع ونقل الى « كبلر » المعدات والمواد التي تسمح لهذا الأخير أن يُحِلَّ الفيزياء السماوية محل علم الحركة الكوكبية التي كان «تيكو» آخر ممثل لها واصفاهم . وبعـد هذا لَم يكن امامه الا ان يتوارى . ومعه زالت الاسترونوميا الحركية .

الفصل الثالث :
الفيزياء

I ـ الفيزياء في القرن الخامس عشر

لا يرتدي تاريخ الفيزياء ، في المئة وخمسين سنة التي فصلت نقولا دي كوي Nicolas de Cues عن سيمون ستيفن Simon Stevin ، الصفة المأسوية التي ارتدتها الرياضيات او علم الفلك . فالفيزياء هي مجال تتوزع الجهود فيه وتنقطع ، سعياً وراء غاية معينة . والثورة العلمية التي نراها ، بصورة مرتدة اليوم ، تتحضر خلال تلك الفترة ، سوف لن تحدث الا متأخرة أي في القرن السابع عشر ، متأخرة عن علم الفلك الكوبرنيكي الذي يعتبر بالنسبة اليها تمهيداً في السماء . والذي يقتضي انقلاباً أكثر عمقاً في الفكر ، واعادة نظر أكثر أصالة في الأسس المسلمات والأطر التصورية كما في الثورة الجبرية أو الفلكية .

فضلاً عن ذلك ان اعادة الاتصال بالأعمال الكبرى القديمة لم يكن له الا مفاعيل جيدة . فالأقدمون ، باستثناء أرخميدس Archimède الذي قدم نموذجاً ثبوتياً : لم يقدموا نموذجاً لصنع علم صحيح أي رياضيات للطبيعة : يمكن هيرون وفيتروف Héron et Vitruve ان يلهما التطبيقيين ، ولكنهما لم يقدّما شيئاً ضخماً للمنظرين باستثناء نظرية الفراغ . في حين ان فيزياء ارسطو Aristote المستكملة بفيزياء المسائل الميكانيكية ، بدت كبناء نظري حسن التوازن ، ومنسجم بعمق مع الحس السليم ومع تجارب الحياة اليومية ، ويمكن أن تقدم اساساً متيناً للتحليلات العقلية وللنشاط الممارس العملي . ولهذا كانت مغامرة الفيزياء في الحقبة التي ندرسها ، محكومة بمحك العمل الأرسطي وبنظريته العامة حول الحركة . وهو ما يشكل بالنسبة الينا علم الميكانيك .

لا شك أن ميكانيك ارسطو كان يشكو من نقطة ضعف : هي تفسير حركة المتحركات المنفصلة عن محركاتها بفعل الهواء المجاور ؛ هذا التفسير لم يكن واقعياً . ولكن نظرية الدفع ـ التي افتتحها جان فيلوبون Jean Philopon ، وطورها في القرون الوسطى بصورة خاصة «الإسميون» الباريسيون ـ بدت وكأنها تفسر هذه الوقائع تفسيراً أفضل ، يمكن أن يحل محل تفسير ارسطو ، دون المساس بالأطر العامة لتصوره . ولهذا انتشرت نظرية الدفع في القرون الوسطى داخل الأرسطية ، وفي آخر تلك

الحقبة ، وباستثناء اتباع ابن رشد Averroïstes من سكان بادو الذين تمسكوا بالأرسطية بشدة ، وباستثناء الإسكندرانيين المتأخرين ، أصبح كل الناس من أنصار هذه النظرية .

1 ـ نقولا دي كوي NICOLAS DE CUES

أفكاره وتأثيره على الحركة : ذلك كان حال نيقولا دي كوي الذي انحاز تماماً ، في كتابه ديالوغوس .. دي بوسست **Dialogus trilocutorius de Possest**,(?1454) للتصور التقليدي القائل بأن الدفع هو كينونة عارضة تتصدى للقوى الطبيعية . فقد اهتم دي كوي De Cues بلعبة البلبل ، وكمؤلف شهير رأى في مفعول الدوران النتيجة فوق«الطبيعية»لروح الحياة يبعثها اللاعب كقوة دفع تظهر بشكل دوران . هذه الروح المحركة تتلاشى وعندها يسقط البلبل بفعل الميل الطبيعي للسقوط . ولكن نقولا Nicolas في كتاب له لاحق عنوانه « محاورات ليدو غلوبي»اطلق فكرة « طبيعية » الحركة الدائرية حول الذات في كل كُرة أو في كرة متكاملة . لا شك ان اللعبة التي أعطاها اهتماماً خاصاً ، والتي تقوم على ملامسة اوتاد مصفوفة بشكل لولبي بواسطة طابة نصف مستديرة مفرغة قليلاً في قسمها المسطح ، ليست من اختراعه . ولكنه اذا كان يستعير من الفلكلور الشعبي ومن التراث العلمي (ارسطو تيليس بروبليماتا) ، فان الجهد الذي بذله كوزين Cusain ليفهم هذه اللعبة الغريبة ، والمسار اللولبي المنحني تماماً والذي يستطيع اللاعبون الماهرون تحقيقه ، هذا الجهد يستحق الانتباه . يقول نقولا ان القسم السميك من الطابة يعيق حركة القسم الدائري الذي يكرُج لأنه ثقيل ويرد هذه الحركة الى القسم الدائري كما لو كانت مركزاً . وليس صحيحاً اذاً كما قيل ، ان نقولا دي كوي Nicolas De Cues لا يبحث عن التفسير الا في شكل او ضمن شكل المقذوفة . ان هذا الشكل يدل في نظره على اثر الثقل النوعي ، والأمر الملحوظ تماماً ، هو مع هذا النص ، ظهور نوع من اجتماع دافعين : دافع الدوران ودافع السقوط . والاستمرارية الدائمة لدوران طابة كاملة فوق سطح افقي ، ثم ارتفاع دوران كرة حول مركزها الى مستوى الحركة الطبيعية هما بالنسبة الى نقولا دي كوي من نتائج الشكل الكروي ، ولكن السبب ، في الحالتين ، هو ان الوضع المفروض على المركز يستبعد ، بالنسبة الى دافع الثقل ، كل سبب للتدخل ، في حين تتجدد في كل لحظة نفس الشروط التي تتوفر في بداية الحركة وبفعل تأثيرها على ليونارد دا فنشي وكوبرنيك Leonard de Vinci et Copernic ، لعبت هذه الأفكار دورا ذا اهمية رئيسية .

ادخال المقاييس في الفيزياء : ادى خصب فكر نقولا دي كوي Nicolas de Cues ، الذي عرف كيف يتصور وحدة الكون ، بعد ان ادخل المماثلة بين كل الأجزاء التي تشكله (او يحتويها هو) ، والذي رأى في المقارنة والقياس اعمالاً جديرة بعقلنا (القياس يأتي من العقل) فاستنتج فكرة تأسيس دراسة الطبيعة على القياس ، وبصورة خاصة على تحديد وزن مختلف عناصرها .

وبدا الميزان هنا اداة القياس الأولى ، وفي حواره العجيب « حول التجارب الثابتة » (دي

ستاتيك اكسبريمنتس De staticis experimentis) (1450) ، يشرح نقولا دي كوي ان استعمال الميزان يتيح تطبيقات متنوعة جداً في الفيزياء وفي علم الأرصاد الجوية وفي الطب . من ذلك عند وزن دم وبول الأشخاص الشبان والمسنين ، المرضى والأصحاء ، يمكن تسهيل التشخيص . ومن تغير وزن قطعة صوف يمكن استخلاص درجة الرطوبة والجفاف في الهواء، وايضاً وزن هذا الأخير . ويمكن أيضاً وزن الهواء اما بوزن بالون، منفوخ وبالون فارغ ، أو بدرس تغيرات مدة هبوط أوزان، متساوية (وهذا أفضل)، ساقطة من اعلى برج ، ولقياس زمن السقوط ، وكذلك لقياس سرعة النبض عند مريض ، استعمل نقولا دي كوي Nicolas de Cues ساعة مائية مفتوحة ، ووزن الماء المتجمع طيلة مدة التجربة ـ تماماً كما عمل غاليليه Galilée في تجاربه على السطح المنحني ، ويمكن أيضاً قياس عمق الماء وذلك بتحديد زمن ارتفاع شيء خفيف انزل حتى القاع . كما يمكن قياس سرعة سفينة ، بالزمن الذي يأخذه شيء ملقى لكي يذهب من المقدمة الى المؤخرة .

ولكن نقولا دي كوي لم يكن دائماً موفقاً في مشاريعه القياسية . ولكن رغم سذاجة بعض من تطبيقاته ، فان الفكرة عميقة ، والأجيال المقبلة سوف تستفيد منها .

2 ـ تراث باريس وأوكسفورد

لقد حمل بعض المنظرين المدرسيين ، طيلة القرن الخامس عشر ، تراث المناطقة وعلماء الحركة الوسيطيين حين فسر الأولون وشرحوا ونشروا اعمال الثانين ، وحتى حين اضافوا عليها بعض الايضاحات اللفظية والمعنوية .

نعلم منذ بيير دوهيم Pierre Duhem ، أن منظري باريس واوكسفورد : أورسم ، وسوينشيد ، غيوم دي هيتسبوري Oresme, Swineshead, Guillaume de Heytesbury قد فرقوا بين الحركة وسرعتها ، وحتى تسارعها . وقد فعل غيتن دي تيان Gaétan de Tiéne نفس الشيء حين اتبع بصورة خاصة هيتسبوري Heytesbury وخاصة شخصاً اسمه مسّينو : Messino. في كتابه « دي موتي لوكالي De motu locali » يميز انج دي فوسومبرين Ange de Fossombrene أيضاً الحركة عن زخمها وسرعة الحركة عن زخمها ، وتدل تأويلاته انه يرى بوضوح مفاهيم الحركة المحلية المتسقة والحركة المتسقة التسارع .

الحركة، المتسقة التغير والفكر الوسيطي : وإذن فدوهيم Duhem ، على حق ، حين يماثل بين التعبيرين : « الحركة المتسقة التسارع » و « الحركة المتسقة التغير »، ويؤكد انه في منتصف القرن الخامس عشر الايطالي كان المعلمون الطليان يعرفون « قوانين الحركة المتسقة التسارع او المتسقة التغير »، مع هذا التحفظ : « ان احداً منهم (ولا حتى ليونار دا فنشي Leonard de Vinci نضيف نحن) لم تخطر له الفكرة بان سقوط الأجسام هو متسق التسارع ، وانه بالتالي تطبق عليه هذه القوانين ». واذا كان أيٌّ من المدرسيين ، باستثناء دومينيك سوتو Dominique Soto ، لم يفكر في التفتيش داخل حركة سقوط الأجسام عن الخصائص المتعلقة . . « بالطولي la latitude المتسق

التغير »، فذلك لأنه بالنسبة الى المُنَظِّـر في القرون الوسطى ، يوجد بين هذين المفهومين ،كل المسافة التي تفصل التجريد الرياضي عن الواقع الفيزيائي .

قلما يهتم المؤرخ العصري بمجادلات المناطقة الوسيطيين: لأنها بالنسبة اليه خالية من المعنى . والشيء الذي يجذب الانتباه في كتاب ضخم مخصص لدراسة « اطوال الأشكال » أو « الحسابات » أو التنبؤات او السفسطة، هو القسم الذي يعالج الحركة ، وحتى الحركة المحلية . وهذا فهو ميال الى تناسي ان هذا القسم الصغير من الكتاب ليس له بالنسبة الى المؤلف ، الا اهمية ثانوية جداً . فالحركة المحلية ، ليست الا حالة خاصة في الحركة أي في التغيير، حالة لا تعتبر على الاطلاق مميزة بالنسبة الى حالة حركة النمو ، والتلف ، حركة التولد والفساد الخ ؛ ثم ان النظرية التي يسعى الى تطويرها الحاسب الوسيطي لم تكن تهدف فقط الى احتواء « حركات » الطقس والضوء او الصوت ، التي هي من وجهة نظره خاضعة للترخيم او التراجع تماماً كالدافع المحلي ، بل تشتمل ايضاً ، حركات قلما تستحق ، بنظرنا ، ان تعالج بهذا الشكل مثل « حركة » ترخيم فعل العفو وشبق نفس العاصي .

المسألة الفيزيائية في حركة القذائف: أما «الفيزيائيون»فقد اهتموا بأمر آخر بعيد تماماً هو مسألة القذف أو النفث، وتسارع الأجسام المتحركة،ودور ردة فعل الهواء، وطبيعة الدافع،وتفسير الأطروحة الشهيرة حول الحركية الأرسطية ، التي بموجبها تكون سرعة الجسم متناسبة مع قوة المحرك ومتناسبة عكسياً مع قوة المقاومة هذا النقاش الأخير يؤدي الى النظر في أدوار كل من الدافع والجاذبية في القذف العامودي . من المقبول عموماً أن الجسم يرتفع طالما أن قوة دافعة أكبر من قوة الجاذبية تدفعهوان السرعة التصاعدية ترتبط بالفرق بين الاثنين : ان هذا الفرق يتضاءل باستمرار نتيجة ضعف الدافع ، فتصبح الحركة نحو الأعلى أكثر فأكثر بطأً .

وعندما تصبح قوة الجاذبية اكبر من قوة الدافع ، يعود الجسم الى الهبوط وتتزايد سرعته بمقدار ما يتزايد الفرق بين قوة الجاذبية وقوة الدافع .

وهكذا بالنسبة الى المقذوفة العامودية، فان هذه النظرية تقبل الخلط او التركيب ، بين الدافع العنيف والدافع الطبيعي ، تركيب يعتبر مستحيلاً في حالة المقذوفة الأفقية. فبين الصعود والهبوط ، كما يُعَلِّمُ أرسطو ، وكما كرر الجميع ذلك ـ باستثناء بندتي Benedetti وحده حتى نهاية القرن السابع عشر ـ يجب ان تقع لحظة يكون فيها ثبات وجمود . هذه الفكرة عن « حالة الوسط » quies media يقول بها الحس السليم . بل هي فعل تجربة . يقول لويس فيفس Louis Vives : الا نرى ان سهماً ، اطلق في الهواء، يتوقف لحظة قبل ان يسقط ؟

وكذلك اليس هو فعل تجربة تزايد سرعة القذيفة في اللحظات الأولى من اطلاقها ، فعلاً أو حدثاً يُؤكده جميع النبالين والقناصين والمدفعجية ؟ الا ان جان دولارت Jean Dullaert ولويز كورونيل Luiz Coronel ينكران هذا . وعلى كلٍ فهما يقبلان بواقعة ان القذيفة تضرب بقوة اكبر بعد

مسافة معينة من المدفع ، اكثر مما لو كانت اليه اقرب . ذلك انه « بالنسبة الى المتحرك نفسه ، لا توجد علاقة ثابتة بين عنف الضربة وسرعة الحركة » .

3 ـ ليونارد دا فنشي LEONARD DE VINCI

نلتفت الآن الى انتاج ليونار دا فنشي ، اذ هو ، بدون منازع ، الأكثر اصالة والأكثر جدة خلال تلك الحقبة . ليس لأنه بالامكان ان ينسب اليه اكتشاف اشياء لم يكن بامكانه اكتشافها ، مثل مبدأ « الجمود » وقانون سقوط الأجسام ، ولكن حتى دون الوقوع في عيب التفسير المغالي في عصرية ليونار وفي غناه ، يبقى لصالح ليونارد اشياء كثيرة مفيدة ، حتى ولو خاطئة ، ومهمة ، حتى ولو أن نتائجها وبواكيرها لم تستخرج ، بحيث يكون موقف بعض المؤرخين العصريين ، الانتقادي ، عارياً من التبرير .

من التقنية الى العلم : كان ليونارد دا فنشي Léonard de vinci عبقرية تكنولوجية لا مثيل لها . ففي اعماله تتحول التقنية الى تكنولوجيا ؛ تحول تعبر عنه اقواله الشهيرة حول الأهمية المطلقة للتجربة ، التي يدعي هو انه تلميذها ، بالنسبة الى التأمل الفلسفي الخالص والى المعرفة الكتبية ، والتي ليست ، على الأقل الا قاعدة لبناء النظرية التي تحل محلها وتخلفها ، تحول نادى به تصريحه الشهير حول الميكانيك ، جنة الرياضيات ، حيث تعطي الرياضيات كل ثمارها . ميكانيك يتحول من فن تجريبي الى علم تطبيقي وبالتالي علم مغلق امام كل أولئك الذين ليسوا مهندسين. تحول حققته كثرة رسومه ومشاريعه الآلية التي سبقت زمنه ، والتي لا تقدّم لنا صوراً ، كما تقدم المجموعات التقنية من القرن 15 و16 ، بل « مشاريع » محسوبة وناجزة المقاييس ، مثل الرسوم الجيومترية ، ولهذا يمكن القول انه اذا كان علم هندسة « جيومترية » ليونارد هي « جيومترية » مهندس ، فان فنه كمهندس هو فن « جيوموتر » (عالم بالهندسة) .

ورغم اعجاب ليونارد Léonard بالنظرية فهو لم يكتب مؤلفات نظريةً، أو اذا كان قد كتب كتاباً واحداً فان هذا لم يصل الينا .

اما ما نملكه ، بالمقابل ، فجملة من المخطوطات ذات تواريخ غير اكيدة ، يكرر بعضها بعضاً ويكمل بعضها بعضاً ـ أو يناقض بعضها بعضاً ، والتي يصعب درسها ـ رغم سهولة ذلك مادياً بفضل الطبعة المدهشة التي صدرت عن «سكريتي دلاّ ميكانيكا Scritti della meccanica » من قبل غيدو اوسلي M. Guido Ucelli (ميلانو 1940) ـ بسبب تشتتها وتفرقها ، وبسبب عدم وضوح التعابير ، وغموض الصيغة . اما المخطوطات المكتشفة في مدريد سنة 1966 فتنطبق عليها نفس الملاحظة . ولهذا يُفتش عن عطاء ليونارد في مجال علم الميكانيك ، لا في الصياغات العامة او التعاريف، بل في تحليل حالات محددة او محددة نصفياً وفي الرسوم التي تقترن بها . رسوم تتيح ، في اغلب الأحيان ، فهم فكره بصورة افضل . ان عظمة ليونارد ليست في الفكر المجرد ، بل في الرؤية الحادة للحالة الملموسة .

الستاتيك والآلات البسيطة : يرتكز الميكانيك عند ليونارد على المبادىء الأرسطية ـأو على مبادىء « المسائل الميكانيكية »ـ مع بعض التصحيحات والاضافات وخاصةً نظرية الدافع التي أدخلها منظرو القرون الوسطى .

ان المبدأ الذي يقوم عليه ستاتيك ارسطو Aristote ـ والذي نسميه نحن « مبدا السرعات الممكنة او المفترضة »ـ يكفي ، كما هو معلوم لتفسير مسار الآلات البسيطة : البكرة ، ومجموعة البكرات او العفريت (moufle) والمخل او العتلة والميزان الخ . . ويبدو ان ليونارد قد عرف ما نسميه اليوم « مبدأ التنقلات الممكنة ». و يخطىء مع ذلك من يسند اليه الوعي الواضح للفرق بين المبدأين . اذ لا أحد في الواقع ، قبل ديكارت Descartes ، استطاع ان يفهم بوضوح الفرق الأساسي بين وجهتي النظر .

وبالمقابل فهم ليونارد فهماً مدهشاً سير الآلات البسيطة . فهذه الآلات وبصورة خاصة المخل والميزان اصبحت بالنسبة اليه نماذج عقلانية توضح العلاقات الأساسية التي اليها يحاول ان يرد كل مسائل التوازن .

فهو يرى ان القوة التي يمارسها وزن موضوعٌ عند طرف مخل تتدنى عندما ينحرف المخل عن الوضع الأفقي ، وان هذه القوة تتناسب مع المسافة بين هذا الطرف والعامودي الذي يمر في نقطة دوران المخل (مخل القوة) . وينتج عن ذلك أنه ، في ميزان معوج ، ليست الأهمية لطول الذراعين الحقيقيين بل لذراعي القوة. وككل سابقيه اهتم ليونارد بالسطح المائل . وقد بين وهو يفتش عن شروط التوازن في جسمين ثقيلين مربوطين معاً بخيط وموضوعين على سطحين منحدرين وملتقيين ، ان هذين الجسمين يظلان في حالة توازن إذا كان وزن كلٍ منهما متناسباً مع انحدارية السطحين ، وهذه الانحدارية حددها مع الأسف بشكل غير صحيح . الا ان رسمة في «المخطوط H» تشبه في وضوحها رسيمة ستيفن Stevin [1] المشهورة ، تصحح هذا الخطأ وتدل على أن الوزن النسبي لجسم موضوع فوق سطح منحدر يتناسب عكسياً مع طول هذا السطح (بالنسبة الى ارتفاعه) .

ولم تكن بحوث ليونارد Léonard حول تعلق الأجسام بخيوط وشد هذه الخيوط بالأوزان المعلقة لم تكن موفقة . الا ان دراسة من هذا النوع حملته على تصور حالة متوازي أضلاع القوى . وهو اكتشاف كان يمكن ان يكون مهماً لو أن ليونارد عرف كيف يعمم حله . وهذا امر لم يتيسر له . ومرة اخرى لم تسعف قوة التجريد النظرية الالهام الابداعي العبقري .

ديناميك ليونارد والحركة الملتوية : يشكل الديناميك القسم الأهم والأكثر اصالة في انتاج ليونارد العلمي . ولكن مع الأسف كان تفسير هذا الديناميك أكثر تضليلاً من تفسير الستاتيك وذلك بفضل الميل التأريخي التبجيلي عند أكثر مؤرخي ليونارد .

(1) ان رسمة ليونارد هي رسمة مهندس فهو يوسط البكرات لكي يلغي الاحتكاك بين الجسم الموضوع فوق سطح منحدر وهذا السطح بالذات .

والواقع ان ديناميك ليونارد كما أثبت ذلك ب. دوهم P. Duhem هو ديناميك الدافع. والشكل المحدد الذي يعطيه لهذا الدافع يدل على تأثير البير دي ساكس ونقولا دي كوي Albert de Saxe et Nicolas de Cues. فقد أخذ عن الأول اسلوب تقدير العلاقة بين القوة المحركة والمقاومة الداخلية او الخارجية للمتحرك. ومن الثاني اخذ فكرة الدافع المركب. فالدافع في نظر ليونارد هو فضيلة ولدتها الحركة وطبّقتها بواسطة المحرك في الجسم المتحرك. وهذا التطبيق يمكن ان يتم بعدة أشكال. ولكن في جميع الأحوال انها قوة تؤثر في المتحرك فتحدث فيه مشابهه لها، أي قوة مشتقة. ويتلاشى الدافع الذي ولدته القدرة وتمثلت فيه، وذلك في انتاج الحركة وبواسطتها.

وتتحلل حركة القذيفة الى ثلاثة مراحل: الأولى: وفيها يسيطر العنف ـ عندها تتحرك القذيفة بخط مستقيم. وفي المرحلة الثانية يدخل العنف، عنف الدفع، والميل الطبيعي نحو الأسفل، بفعل الجاذبية، في صراع ويتفاعل الاثنان عندما تكون القذيفة ترسم خطاً باربولياً. والحالة الثالثة تعود الطبيعة فتسترد حقوقها ويسقط الجسم بخط مستقيم نحو مركز العالم (صورة 7 ص 102) وفي حالة نصف الكرة التي تكرج فوق سطح يتوافق ليونارد Léonard مع كوزين Cusain. ويلغي القسم المستقيم من المسار. هذه المعرفة لواقعة قوامها ان المسار يمكن ان ترسمه باكمله حركة مختلطة هي معرفة رئيسية، ولو ان ليونارد طبق هذا الالهام في حالة حركة النفث، اذا لكان سبق تارتغليا Tartaglia بنصف قرن.

ولكنه للأسف لم يفعل رغم أنه قال بامكانية وجود الحركات المنحنية بصورة كاملة، مثل حركات نوافير الماء، وانه توصل ـ مرة واحدة ـ الى التخلي عن الأطروحة الأساسية أطروحة استقامة الحركة العنيفة والى التأكيد بأن: «كل شيء مدفوع بعنف يتبع في الهواء خط حركة محركه. فإذا كان هذا المحرك يحرك شيئاً، دائرياً، ثم ترك هذا الشيء بخلال مثل هذه الحركة، عندها تصبح حركته انحنائية.

تسارع سقوط الأجسام ومقاومة الهواء: قبل ليونارد Léonard بالمبدأ ـ الأرسطي ـ وبموجبه فالحركة او سرعتها، هي رهن بالعلاقة بين القوة المحركة ومقاومة الحركة: فالقوة المضاعفة تقترن بحركة (او بسرعة) مزدوجة. وجسم اثقل مرتين يسقط مرتين اسرع. وبديهية ارسطو Aristote يمكن أن تتأول بشكل الطف، مع الأخذ أكثر بعين الاعتبار، دور المقاومة التي تناهض الحركة. وعندها يبحث عن النسب الأساسية لا في العلاقات بين القوة والمقاومة، بل في العلاقات بين فوائض القوى والمقاومات. وفي افكاره حول سقوط الأجسام يعتمد ليونارد في اغلب الأحيان هذا التصور. ان مقاومة الهواء تعطي مفعولها في اتجاهات متعارضة: فهي من جهة تسرّع حركة السقوط بفضل موجة مباشرة، تنتشر امام الجسم وتخفض المقاومة التي تعترض هذا الجسم. ثم بفضل موجة معاكسة تحيط بالجسم فتدفعه من الوراء. ومن جهة أخرى، يقاوم الهواء الحركة، انما بشكل غير متسق لأن «ضخامته» ليست متسقة. وهكذا فحركة الهبوط ليست بذاتها لا متسقة ولا هي متسقة التسارع. ان ثبوتيّة التسارع تتحقق بواسطة اوالية تعويضية يفسرها ليونارد طويلاً وهو يخلط بين ادوار الوقت والفضاء المقطوع.

ثم انه بالنسبة الى ليونارد ـ وهنا يكمن مصدر فشله الأخير ـ ليس الوقت ولا الفضاء اللذان يشكلان محور تحليله : انها الحركة . ولكن هذا المفهوم معقد وصعب ، وهو بآنٍ واحد زمني وفضائي ، فالحركة تقتضي بآنٍ واحد انتقالاً وسرعة وهما مفهومان يميل الفكر الى اعتبارهما متضامنين تماماً .

الصدمة : الفعل وردة الفعل ـ اذا كان ليونارد لم يكتشف لا قانون سقوط الأجسام ولا مبدأ الجمود ، فانه بالمقابل اقترب من اكتشاف مبدأ المساواة بين الفعل وردة الفعل ، وهو مبدأ صاغه بوضوح ، خاصة في دراسته حول القرع (النقر) وحركة الأجسام خارج القرع يقول : « ان فعل الجسم القارع في الشيء يعادل فعل الشيء المصدوم في الجسم » (C. Arundel) ، وعلى أساس هذا المبدأ يؤسس كل تحليله لظاهرة الصدم ؛ هذه الدراسة التي يظهر فيها متقدماً على عصره، بمقدار قرن من الزمن ، تقتضي تصوراً جديداً جداً للحركة ، تصورا لم يصفه ليونارد .

والنقر ـ أو الضربة ـ هو في الأساس عنف . ثم أن فعله يتعارض مع فعل القوى او الأسباب الطبيعية . وهو يحدث عندما يصطدم جسم متحرك بسرعة بشيء صلب . فالثقل الواقع فوق سطح يصدم هذا السطح ، وبما أنه هو قد صدم ، فانه «يطج » بخط مستقيم وفقاً للعامودي الذي نزل فيه . وان صدم الجسم السطح من زاوية معينة ، فانه يطج ايضاً ، « وزاوية الطج تساوي زاوية الصدم » . والحركة الارتدادية هي رهن بالقوة البسيطة التي يتمتع بها الدافع (الذي يتحكم بالحركة الارتدادية) كما هي رهن بقوة الصدم البسيطة . وتحليل الحركة المنعكسة يكشف في هذه الحركة تركيب حركات ، أو قوى محركة ، بحسب مبدأ متوازي اضلاع السرعات . وهو اي التحليل يقتضي تواجد حركتين ، أو قوتين محركتين ضمن نفس المتحرك دون ان تعيق احداهما الأخرى . وهو يقتضي ايضاً فرضية قريبة جداً من مبدأ حفظ الحركة او اللحظة (momentum) .

ينكر ليونارد Léonard ضياع الدافع في الصدمة ، ويقول بمبدأ حفْظٍ غرضُه سيء التحديد ، الا ان مشابهته مع مفهوم ديكارت Descartes اكيدة ، وان كان هذا الحفظ غير مطلق وان كانت الحركة لا تجتاز الا مسافة محدودة .

ويشكل حفظ القوة المحركة ومساواة الفعل وردة الفعل في الصدمة الأساس النظري للتحليل ، الذي قام به ليونار ، والذي تناول مختلف حالات ارتجاج الأجسام المتحركة . وكانت الحلول التي توصل إليها رغم بعض الأخطاء في الحساب ذات دقة وصحة مدهشين الى درجة ان ليونارد يميز ، دون ان يقول ذلك صراحة ، بين صدمة الأجسام المطاطة وصدمة الأجسام الطرية .

ويدل ان في ظاهرة الصدمة هناك عمل مزدوج النواحي مساوٍ معاكس ، وبذات الوقت هناك تحويل للقوة كامل او جزئي من الضارب والمضروب . تحويل يبدو احياناً وكأنه تبادل في القوّتين المتواجهتين ، وتارة وكأنه قسمة للقوة المتاحة بين الجسمين المشاركين .

ولا يقدم ميكانيك القرن السادس عشر شيئاً من مثل تحليل ليونارد . ومن اجل التوصل الى

مستوى الفكر المنبعث من هذه التحاليل ، كان لا بد من انتظار مجيء ماركوس مارسي دي كرونلاند Marcus Marci de Kronland .

II ـ فيزياء القرن السادس عشر

بخلاف رأي شائع ، لا يبدو عمل ليونارد دافنشي Léonard de Vinci انه قد أثر تأثيراً محسوساً في القرن السادس عشر . فهل كان هذا العمل معروفاً فقط؟ . يمكن الشك بذلك . وعلى كل حال لم يستفد أحد مما فيه من جدة ومن خصب ، مثلاً من الأفكار حول تسارع الأجسام او من نظريته في الارتجاج .

إلا أن بعض الأعمال المميزة زرعت في القرن السادس عشر تقدماً نحو فلسفة رياضية تعوض الخسران الذي ذكرته الملاحظة السابقة .

1 ـ تار تغليا TARTAGLIA

إن العلم الجديد الذي بشّر به كتاب تارتغليا الصغير واسمه نوفا سيانتيا Nova Scientia ، (1537) هو علم الصواريخ . وإذا كان تارتغليا يبالغ حين يدعي أنه المخترع ـإذ سبق لليونار ان اهتم بالأمر قبله ـ فمن الحق القول انه كان الأول الذي قدم معالجة نظرية لفن كان حتى ذلك الحين مجرد تجربة . من هذه الناحية بالذات تبقى أعمال تارتغليا جليلة القدر ، رغم أن النظريات التي يعرضها هي خاطئة تماماً .

« **العلم الجديد** » : ان الديناميك في نوفاسيانتا هو تقليدي خالص تقريباً . ولكن عرضه ليس عرضاً تقليدياً . اذ تغلب فيه العقلية الجيومترية . فهناك سلسلة من التعاريف مقرونة بفرضيات او بديهيات ، ثم احكام مشتركة منها تستخرج مقترحات العلم الجديد . فضلاً عن ذلك يتفادى تارتغليا أي جدل فلسفي في موضوع المفاهيم التي يستعمل واسباب الظاهرات التي يدرس : ذلك انه يتوجه الى الممارس لا الى الفيلسوف .

انه كفيزيائي وكجيومتري يميز في التعريف الأول بين المادة وشكل الأجسام ، وكلها ذات ثقل . ثم يعلن أن هذه الأجسام سوف تشكل موضوع الدرس الوحيد . المادة يجب ان تكون ثقيلة مثل الحديد والرصاص والحجر الخ . والشكل محدد مروّس باتّجاه الحركة ، أي أن كل شيء يجب أن يتلاقى ليجعل مقاومة الهواء مهملة . ولكن بما أنه من الصعب القدرة دائماً على جعل الشكل المروس في الوضع المراد ، فمن الأفضل الاكتفاء بالشكل الكروي . لأن هذا الشكل يؤمن تركيباً ثابتاً على الأقل . وبقول آخر ان الأجسام المتساوية الوزن عند تارتغليا هي قذائف المدافع في عصره .

والحركة المحلية لهذه الأجسام اما أن تكون طبيعية أو عنيفة . ولكن السقوط العامودي هو الحركة الوحيدة الطبيعية والممكنة . في هذه الحركة الطبيعية تسقط كل الأجسام المتساوية الوزن بسرعة تزداد بمقدار بعدها عن نقطة الانطلاق أو قربها من نقطة الوصول . وعلى كل لا يتمسك تارتغليا بهذه المعادلة . حيث يقول في « الاقتراح 2 » ان الحركات الطبيعية كلها تبدأ بنفس السرعة الدنيا وسرعتها تزداد أثناء السير .

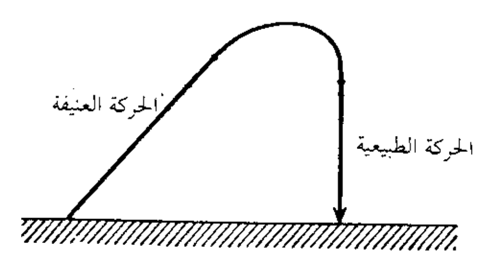
وخصائص الحركة العنيفة متقابلة تماماً . فعند البعد عن نقطة الانطلاق يباطىء الجسم المتحرك بعنف سرعته . ولهذا يرفض تارتغليا المعتقد الشائع القائل بالتسارع المنطلقي للقذيفة وتزايد قوة الصدم تبعاً لهذا التزايد .

والتقابل او التقارن الصحيح بين انظمة الحركات العنيفة والطبيعية ، هذا التقارن شكل تقدماً أصيلاً ، أتاح لتارتغليا Tartàglia ان يتصور بشكل جديد عدم التلاؤم المطلق بين هذه الحركات ، ليس فقط لأن تمازجها مستحيل ، بل أيضاً لأن تتابعها لا يمكن ان يتم إلا عند نقطة ذات حد أدنى من السرعة . وفي هذه النقطة يكون عامودي الحركة الطبيعية للسقوط محاذياً أي ملاصقاً لمسار الحركة العنيفة وهي في نهايتها .

ولا يقدم تارتغليا تبريراً لهذه الخصوصية المهمة التي تدعم بحثه حول شكل المسارات . وبالفعل اذا كانت بداية مسار الحركة العنيفة لقذيفة ما مستقيمة بما فيه الكفاية، وفقاً لممارسة الرمي على الهدف مباشرة فإنه يتوجب بالتالي وجود قوس مرتبط مع العامودي عند النقطة الحيادية .ويتوجب أيضاً افتراض وجود تأثير للجاذبية على هذا القوس حتى عندما تكون الحركة فيه فقط عنيفة .

وباعتماد الرسيمة الثلاثية الأقسام في المسار ، وبتقسيمه الى مستقيمين يربط بينهما قوس دائري (الصورة 7) ، عرف تارتغليا جيداً أنه لا يمثل الحقيقة . وتضمنت الصفحة الخارجية من كتاب نوفا سيانتا رسماً لمسارين : رمي ممتد ورمي عامودي ، والاثنان شبه بارابوليين ، بحيث أنه لا يمكن الشك بمعنى الجهد الذي بذله المؤلف : تبني الأفكار النظرية وفقا لالهام التطبيقيين ثم تقديم نوع من التقريب الرياضي المفهوم قدر الإمكان .

ولكن النتيجة كانت مع ذلك غير كافية ، خاصة فيما يتعلق بعلاقة القسم المستقيم بالقسم الدائري الذي رسمته الحركة العنيفة . وعلى الأقل ظن تارتغليا انه يستطيع التأكيد بأن المسارات المنطلقة من زوايا رمي متساوية ، تبدو متشابهة ، وان المدى الأفقي يتناسب مع سرعات المنطلق . وهذا خطأ يتوافق مع واقعة تقييم الحركة المتسقة التغيّر والمتباطئة كلما امتدت المسافة المقطوعة .نشير ان صاروخ تارتغليا يجهل الحلقات الوسطى media quies ، الأمر الذي يجعل عمله ذا صفة أصيلة .

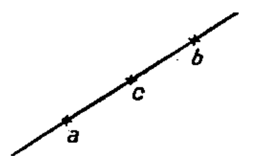


صورة 7 : رسيمة « ثلاثية » لمسار القذائف.

نشير أيضاً الى أن نوفا سينتا Nova Scientia ينتهي حول مسائل تطبيقية : تحديد المسافات وتحديد ارتفاعات الأهداف المستهدفة ، وصف آلة قياس الزوايا (الارتفاع) المستخدمة في المدفعية .

تصحيحات مهمة : نحو صاروخ جديد حقاً :في سنة 1546 أصدر تارتغليا Tartaglia كتابه : Quesiti et inventioni . وقد احتوى البابان الأولان دراسة حول القذائف تستعيد وتكمل وأحياناً تغير في النظريات التي عرضها نوفاسيانتا.

والتغيير الأهم يقوم على التوكيد على الصفة الانحنائية لمسار الحركة العنيفة ، ما لم تكن هذه عامودية . وفيها خلى هذه الحالة الخاصة لا يتضمن مسار القذيفة أي خط مستقيم . وهذه النظرية تبدو معاكسة للتجربة . ثم ان محاور تارتغليا ـ لان كتاب الكيزيتي Quesiti كتب بشكل حوار ـ يتذرع بتجربة القاذفين الذين يسدّدون الى الهدف مباشرة فوق محور القطعة بواسطة خشبة التسديد (الميرا) . ويجيب تارتغليا بأن هذا التطبيق لا يرتكز إلا على عدم دقة الحواس وعلى صعف الفهم البشري . أما خصمه فيؤكد أن السرعة العظيمة للقذيفة عند خروجها من فم المدفع تتعارض مع ميل أو انحناء المسار . فيرد تارتغليا بأن هذه السرعة الكبرى تخفف من القذيفة التي يحملها الهواء كلما كانت سرعتها أكبر ، ولكنها لا تحميها من فعل الجاذبية . فضلاً عن ذلك أن السرعة تتضاءل . ففي القسم ab من المسارتكون السرعة أكبر في القسم ac منها في القسم cb



فهل يتوجب الافتراض أن ac هي أكثر استقامة من cb . أليس من المعقول اكثر الاعتقاد بأن أياً من أقسام المسار لا يمكن أن يكون مستقيماً مهما صغيراً .

الا ان تارتغليا ، الذي كان يدافع بعناد عن الحقيقة النظرية ضد مزاعم شبه تجربة الحس العام والمدفعجية ، لم يكن يستطيع في جميع الأحوال رفض سهادة هؤلاء جملة وتفصيلاً . ولهذا جهد في تفسير السبب الذي يجعل القذيفة الثانية ابعد مرمى من القذيفة الأولى ، رغم أن القذف يتم بنفس المدفع وبصورة متتالية للضربة الأولى والثانية ، في الوقت الذي يكون فيه الارتفاع والثقل موحدين متماثلين .

وقد حاول ايضاً أن يفسر لماذا تكون قوة صدم القذيفة اضعف عند الخروج من بوز المدفع مما هي بعد مسافة منه .

وتضمن كتاب الكيزيتي Quesiti عرضاً لستاتيك تارتغليا Tartaglia المأخوذ عن جوردان نيموراريوس Jordanus Nemorarius ، مع أنه لم يذكره ، وهذا ما حمل فراري Ferrari على انتقاده بشدة . ولكنه امتاز باعطاء مخطوطة كتبها جوردان Jordanus إلى كورتيوس تروجانوس Curtius Tro-

janus الذي نشرها سنة 1565 تحت عنوان جوردانى اوبسكولـوم «Jordani Opusculum . . » وإذا فقد عرف تراث « المدرسة الباريسية » في القرن الثالث عشر وسمح بنشرها في إيطاليا .

وتارتغليا الذي كتب بلغة وادي نهر البو ، لم يقرأ فقط في بلده . فقد اعيـد نشر كتبه من قبله بالذات سنة 1550 ، وبـدون تغيير يذكر . وعرف نوفا سيانتا سبع طبعات حتى سنة 1583 . ولكن ، - وربما بسبب تردده - لم يكن لتارتغليا تأثير كبير خاصة فيما يتعلق بالأشياء الجديدة التي أتى بها . لأنه اذا كانت نظرية المسار الثلاثي الأجزاء الوارد ذكرها في النوفا سيانتا قد نجحت كثيراً، فـان نظريـة المسار المنحني تماماً والوارد ذكرها في كيزيتي Quesiti لم تنجح أبدا . إذ لم يعتمدهـا ولم يناقشهـا احد حتى الرياضيين امثال كاردان Cardan أو بالـدي Baldi ولا حتى بنديتي Benedetti الـذي عارض التراث بالأسس المتينة لفلسفة رياضية ، والذي ناقش عدداً معلوماً من نظريات تارتغليا Tartaglia . هذا الإغفال يدل على قوة التراث التجريبي التقني ويدلنـا على أهميـة العوائق التي كـان على الـنظرية الفيزيائية ان تجابهها .

2 ـ التغيرات حول فكرة الدفع

كاردان **Cardan** : ظهر جيروم كاردان Jérôme Cardan ، في كتابه الشهـير سابتيليتـات 1550 Subtilitate ، مناصراً معتدلاً لنظرية ديناميك الدفع . ولهذا فهو يقدم لقـارئه عـرضاً طـويلاً لنظرية ارسطو Aristote ، وهو بذات الوقت يوجه اليه الانتقادات التقليدية التي يوجهها خصومه . وقد تبنى هو هذه الانتقادات وادعاها لنفسه. أما عن مسار الشيء المقذوف (انحناءاً) في الهواء ، فقد اعتمد كاردان Cardan نظرية الأجزاء الثلاثة في بنية الحركة : عنيفة مطلقة ، مختلطة ثم طبيعية خالصة . ولم يكن يعتقد أن القسم المنحني يجب أن يكون مقطعاً من دائرة ، ولكنه ارتكب خطأ عدم ربط الأقسام المستقيمة والمنحنية في المسار بشكل تلاصقي .

ويبدو كاردان تقليدياً جداً في تقبله لواقعة التسـارع الأساسي للقذيفة التي تصل الى اقصى سرعتها والى أقصى قـوة صدمهـا ، في وسط مسارهـا . وهو بهـذا متفق مع ليـونار Léonard ومـع ارسطو Aristote أيضاً . اذ يضاف الى قوة الدفع قوة ردة فعـل الوسط ، التي تتـزايد . ولا يضيف كتـاب اوبيس نوفم دي بروبـورسيوني بـاس Opus novum de proportionibus (1570)، شيئاً كثيـراً الى النظرية المعروضة في كتاب سابتيليتات Subtilitate : فالحركة الطبيعية بذاتها يجب ان تكون متسقة نظراً لأنها من فعل سبب ثابت ، اما الحركة العنيفة فيجب ان تكون ، بعكس ذلـك حركـة متباطئـة باستمرار نظراً لأن سببها يتلاشى وهو يحدثها . وفي الـواقع ، وبسبب ردة فعـل الوسط الـذي يدفـع ويسحب القذيفة الى الامام بآن واحد ، فإن كل حركة تتضمن مرحلة تسارع ، وهذه المرحلة في الحركة الطبيعية تدوم حتى نهايتها ، أما في الحركة العنيفة، فإلى حين معين (ولا يقول كاردان Cardan حتى منتصف المسار) : وقبل ان تتوقف الحركة نهائياً تصبح بطيئـة جداً . وهـذا يقتضي ان تكون حـركة القذيفة هي ابطأ ما تكون في ذروة خطها المنحني . ونشير على كل حال ان التأكيد ، المأخوذ بدون شك

عن بـاندتي Benedetti بـان كرتـين من ذات المادة، نـازلتـين في الهـواء تصـلان الى الأرض بنفس اللحظة .

بيكولوميني Piccolomini : بخلاف كادران Cardan في الديناميك النصف ارسطي ، نـادى الكسندر بيكولوميني Allesandro Piccolomini في كتابه إن ميكانيكـا . . روما 1547 بـديناميـك الدفع الخالص. ان فعل المحرك يحدث في الجسم المتحرك دفعاً مكتسباً بصورة عرضية . وينشأ عن هذا في المتحرك السائر بحركة طبيعية تزايد جذب أو ثقل ظـاهري سـطحي يجر ورائـه تسريـع لحركتـه . وبالمقابل يحدث دفع الحركة العنيفة في المتحرك نوعاً من الخفة السطحية . وهذا يمنعه من السقوط ما دام فعل الدفع قائماً فيه . إذ عندما يخف الدفع ويتلاشى أو عندما تتغلب الجاذبية الأرضية ، يتوقف الجسم عن التحرك العنيف وينزع نحو الأسفل بحركته الخاصة .

سكاليجر Scaliger : في سنة 1577 هاجم ج . س . ساكاليجـر J. C. Scaliger في كتابـه «دي سابتيليتات . . . De Subtilitate ad...» (باريس 1557)عمل كاردان هجـوماً عنيفـاً وبصورة خاصة استعماله نظرية ردة فعل المكان الى جانب نظرية الدفع . وعارض النـظرية الأرسـطية بـدورة صحن مقطّع ضمن صفيحة خفيفة يُحرك بواسطة مدوّرٍ يدوي (مانيفل) ، الهواء قليل جداً كما يقول سكاليجر بين الصحن وحروف التجويفة الدائرية حيث يدور الصحن ، بحيث يستطيع هذا الهواء ، بردة فعل منه تغذية الحركة . والسبب الذي يجعل الصحن يدور والذي قد يسمى « محركاً Motio » وليس دافعاً ، « هو شكل يفرضه المحرك وقد يظل هذا الشكل فيه حتى بعد ابعاد المحرك الأساسي . وهذا « المحـرك » الذي يتعب ويتلاشى مع الزمن يلعب نفس دور الدافع ويشرح سكاليجر Scaliger تسارع الأجسام الخاضعة لتأثير طويل من محرك ، بفعل تراكم الدفعات التي يعطيها هذا المحرك .

هذه « الردة الفعل » المتأخرة والتي يقول بها تقليدي،بوجه انتقائية الزمن ـ ان سكاليجر يعارض تمجيد أرخميدس Archimède من قبل كاردان Cardan ويدافع بعنف عن أمجاد العظماء المدرسين أمثال دون سكوت Duns Scött ، هيتسبوري Heytesbury« و سوينشيد Swineshead » ضد هجمات كاردان Cardan ـ هذه « الردة الفعل » لم تأت بأي شيء جديد حقاً .

برناردينو بالدي **Bernardino Baldi** : لا شيء جديد ايضاً باستثناء القول بأن الحركة تـولد الحركة عند برناردينو بالدي الذي استلهم كاردان Cardan وبيكولوميني Piccolomini . من ذلك أنه في كتابه«إن ميكانيكا» الذي كتبه سنة 1582 ونشر سنة 1621 ، يقول بالدي Baldi بأن الحركة العنيفة تشبه الحركة الطبيعية ما دام العنف هو المسيطر ،أي انها تسرع في البداية. ولكن الدفع العنيف يتلاشى والحركة العنيفة تتباطأ باستمرار في حين ان الحركة الطبيعية التي تستمر بذاتها هي دائما في حالة تسارع .

احجية دومينيك سوتو Dominique Soto : نلتفت الآن الى دومينيك سوتـو . هذا المـدرسي الأسباني الذي اشتهر في زمنه ونسي فيها بعد ، اليه ينسب دوهيم Duhem الشرف بأنه من الأوائـل

الذين عرفوا ، في حركة سقوط الأجسام ، وصعودها قذفاً الى الأعلى ، ـ حالات تكون فيها الحركة متسقة التغير بالنسبة الى الزمن . لم يكن سوتو Soto فيلسوفاً كبيراً . والفيزياء عنده تقليدية انتقائية . ولهذا قد نعجب عندما نراه يؤكد أن :

«الحركة المتسقة التغير بالنسبة إلى الزمن هي الحركة التي يكون تغيرها بحيث إذا قسمناها بحسب الزمن ، اي بحسب الأجزاء التي تتعاقب في الزمن وفي كل جزء ، تتجاوز حركة النقطة الوسطى الحركة القصوى الأضعف ـ في هذا الجزء بالذات ـ بكمية تساوي الكمية التي تجاوزتها بها الحركة القصوى الأكثر زخماً .

هذا النوع من الحركة هو النوع المختص بالأجسام التي تتحرك بحركة طبيعية ومختص بالقذائف . وفي كل مرة تسقط فيها كتلة من ارتفاع ما داخل وسط متسق فانها تتحرك في النهاية اسرع مما تتحرك في البداية . ولكن حركة القذائف تكون ابطأ في النهاية منها في البداية . وهكذا تتحرك الأولى بزخم أكبر في حين تضعف الثانية بشكل موحد » (كستيوني سوبر أوكتو . . سالامنك 1572)

ان الترخيم والإضعاف للحركة يعنيان برأي جان سيلايا التسريع والتأخير. والقاعدة التي قبل بها سوتو تعني التأكيد بأن الطريق التي يجتازها مثل هذا المتحرك تساوي الطريق التي يمكن ان يقطعها بذات الوقت بحركة متسقة موحدة تكون سرعتها متوسطة بين السرعة القصوى والسرعة الدنيا لهذا المتحرك .

فكيف توصل سوتو الى جعل حركة السقوط كمثل لحركة موحدة التسارع ؟ وكيف توصل على تقديم هذا الانتقال من مفهوم رياضي خالص الى واقع فيزيائي وكأنه شيء بديهي ، انتقال رفضه دائما الرياضيون والمناطقة من مدارس باريس واكسفورد ؟ انها لمسألة يصعب حلها خصوصاً وان سوتو يبدو متضايقاً من التمييز الذي انجر اليه بين طبائع مختلفة للحركة بحسب ما اذا ننظر اليها من حيث الموضوع المتحرك أو من حيث الزمن .

ظن دوهيم Duhem أن سوتو Soto لم يبدِ الا رأيا تافهاً « قبل منتصف القرن 16 لدى المدرسيين الباريسيين وتلاميذهم». لكن اذا كان الحال كذلك، لماذا لم ينوجد هذا الرأي الا عند دومينيك سوتو Dominique Soto ؟ وكيف حدث ان بينه وبين غاليليه Galilée ، لم يرد هذا الرأي ، بمقدار معرفتنا ، عند احد غيره ؟ ولا حتى عند بنيدتي Benedetti ، في مجهوده الواعي المستمر من اجل اقامة الفيزياء على قواعد ثابتة وقوية من الفلسفة الرياضية ؟

3 ـ بحثا عن فلسفة رياضية للطبيعة : بنيدتي BENEDETTI

جان باتيست بنيدتي Giam battista Benedetti (1530 - 1590) هو أكثر الفيزيائيين الايطاليين اثارة في القرن 16 . وهو أيضاً الفيزيائي ذو الدور التاريخي الأهم : اذ ان تأثيره على غاليليه Galilée الشاب الذي تبعه خطوة خطوة في كتابه : دي موتي De Motu ، كان عميقاً وغير منكور . لم يجتز بندتي الحد الذي يفصل العلم الوسيطي وعلم عصر النهضة عن العلم الحديث. فاجتياز هذا

الحد يعود الفضل فيه الى غاليليه . ولكن بنيدتي تجاوز تارتغليا Tartaglia ، معلمه وسابقه المباشر في جهد ترييض العلم . واكثر من ذلك : في معارضة واعية وعاقلة للفيزياء التجريبية والنوعية التي قال بها ارسطو Aristote ، حاول بنيدتي ان يقيم ، على الأسس الستاتية الأرخميدية ، فيزياء ، أو بحسب تعبيره « فلسفة رياضية » للطبيعة .

ولكن محاولته لا يمكن أن تنجح ، لأنه بخلاف غاليليه ، لم يعرف كيف يتخلص من فكرة الدفع المهمة كأساس للحركة . ومع ذلك فقد نجح ـ وليس هذا بالأمر الهين بالنسبة إلى مجده ـ في تصور انعدام « الحالات الوسط » Quies media والاستمرارية التناقضية لحركة المجيء والذهاب ، تصوراً رياضياً . كما استطاع أن يبين ، بخلاف كل التراث الموروث من آلاف السنين ، أن جسمين ، على الأقل إذا كانا من طبيعة ومن اتساق متماثلين (أي أن ثقلهما النوعي واحد) يقعان بنفس السرعة مهما كان وزن كل منهما . وهنا أيضاً يعود الفضل الى غاليليه بأنه عرف كيف يعمم اقتراح بنيدتي ويوسعه حتى يشمل كل الأجسام دون تمييز طبيعتها .

المحاولة الأولى : يشرح بنيدتي في كتابه المسمى : «حل كل مسائل اقليدس Euclide »، وقد نشره على انفصال ، في جنوى 1554 ، وقد سرق ج .تسنيه J. Taisnier بوقاحة هذا الكتاب بعد عدة سنوات ؛ في هذا الكتاب يشرح بنيدتي أن نظرية ارسطو القائلة بأن الأجسام الثقيلة تقع بسرعة أكبر من الأجسام الخفيفة وذلك بنسبة اوزانها ، تحتاج الى التصحيح من نقطتين اساسيتين : أولاً : ليس الوزن بذاته بل زيادة وزن المحرك عن وزن الحجم الذي يحتله هذا المحرك في الوسط المحيط به هو الذي يحدد السقوط وسرعته ثم ثانياً : ليس وزن الجسم هو المؤثر بل ثقله النوعي .

ولكي يثبت حقيقة الحكم الأول عارض بنيدتي Benedetti ، ـ الذي يؤمن بنسبية السرعة الى القوة المحركة ـ ارسطو متذرعاً باعتبارات قائمة على ايدروستاتيك ارخميدس L'hydrostatique d'Archimède : ان الأجسام الثقيلة ، المغطسة في وسط اخف منها ،(وبالمناسبة في الماء) تفقد وزناً معادلاً لوزن حجم مساوٍ من الوسط الذي هي فيه .

اما الحكم الثاني ، فقد اثبته بنيدتي عندما قارن سقوط كلة وزنها 4 وحدات بكلة اخرى وزنها وحدة واربع كلل كل منها وحدة ، مجموعة معاً . من الواضح ان مركز الثقل في كلة الأربع وحدات يقع بنفس السرعة التي لمركز الثقل المؤلف من أربع كلل مجموعةمعاً ؛ ومن الواضح أيضاً ان كل واحدة من هذه الأربع الأخيرة تقع بنفس السرعة مع الكلة المنفردة . يقول بنيدتي : هذا الحكم الثاني لا يتوافق مع نظرية ارسطو ولا مع أي من شارحيها الذين رأيتهم أو قرأت لهم أو تحادثت معهم وهذا صحيح . وبالمقابل ، وفيما خص الحكم الأول طور بعض شارحي فيزياء أرسطو، وبالدرجة الأولى جان فيليبون Jean Philipon نظرية مماثلة تقريباً . وهي النظرية التي تربط سرعة الجسم المتحرك بزيادة الدفع على المقاومة ، مما يعني أن التاريخ يجب أن يقرب بينهما (راجع المجلد I ، القسم الثالث الفصلين الثاني والثامن) . ويبدو مفهوم بنيدتي ، في خصوصيته الذاتية ، من خلال احلال رسيمة أرخميدية محل الرسيمة الأرسطية في القرون الوسطى .

نهاية الاحلال:(في كتابه ديفرساروN سبيكيلاسيونوم Diversarum speculationum 1585 mathematicarum . . .) يرفض بنيدتي الأفكار الأرسطية حول الثقل والخفة المطلقين ويحل محلهما الثقل والخفة النسبيين : كل الأجسام تعتبر ثقيلة ، نسبةً الى ثقلها النوعي densité وهي يزيد او يخف وزنها بحسب الوسط الذي يحيط بها. والسلم الكمي عند ارخميدس يحل عندها محل التعارض النوعي عند ارسطو .

ويحتوي كتاب بنيدتي في قسمه الفيزيائي هجوماً منظماً على فيزياء ارسطو ، وعرضاً ممتازاً لقاعدة «الدافع» التي يتعصب لها . وككل الذين سبقوه يهاجم قبل كل شيء نظرية ارسطو حول القذف ، ولكنه اكثر عقلانية من كثيرين غيره، وذلك حين يعتبر أن هذه النظرية لا تصلح : فالوسط لا يمكن ان يكون محركاً ، بل هو دائماً عائق يعارض الحركة ويقاومها .

وقد سبق ان درسنا فكرة الدفع كسبب داخلي لحركة الأجسام في المجلد الأول (القسم الثالث ، الفصل 8) وقد عدل بنيدتي النظرية برفضه الدفع الدائري وبإصراره على الصفة المستقيمة للدفع : انها حركة بخط مستقيم تفرضها اليد أو المقلاع على القذيفة وليست هي حركة دائرية . وكذلك الحال في الحركة الدائرية للبلبل أو لحجر الطاحون : ان كل ذرة في هذه الأجسام تنزع لأن تتحرك بخط مستقيم ، والعنف وحده أي قوة الربط هو الذي يحكمها لكي تدور .

ان تخلف فيزياء ارسطو يفسر برأي بنيدتي بأن ارسطو لم يفهم دور الرياضيات في العلم الفيزيائي . ولا يمكن الا الانطلاق من أسس ثابتة في الفلسفة الرياضية ـ أي انطلاقاً من أرخميدس Archiméde واستلهاماً من أفلاطون Platon ـ لكي يمكن احلال فيزياء أفضل مؤسسة على حقائق يفهمها العقل البشري تلقائياً ، محل فيزياء أرسطو .

بنيديتي Benedetti وانتقاد ارسطو Aristote : جهد بنيدتي أن يضع أسس هذه الفيزياء الجديدة. الواقع أن ارسطو لم يفهم شيئاً بالحركة . لا بالحركة الطبيعية ، لأنه أعتبر ان الجسم الساقط بحرية يتسارع بمقدار ما يقترب من الهدف وليس ، كما هو الحال واقعاً ، بمقدار ما يبعد عن نقطة الانطلاق؛ وانه لم ير ان «الحركة المستقيمة للأجسام الطبيعية الصاعدة والهابطة ليست حركة طبيعية في المقام الأول وبذاتها»، بل هي حصيلة قوة سابقة ، وانه لم ير أيضاً فعل الوسط الذي وضعت فيه هذه الأجسام (من ذلك أن الحركة نحو الأعلى ليست حركة طبيعية على الاطلاق ، بل هي غلبة للأكثف على الأندر) . كما أن ارسطو لم يفهم شيئاً عن الحركة العنيفة لأنه لم ير ان الحركة المستقيمة ذهاباً واياباً هي حركة مستمرة وتتم بدون توقف ، ولا ان الحركة على خط مستقيم يمكن ان تكون لا نهائية في الزمن رغم انها نهائية في الفضاء .

ولكن الخطأ الأكبر في فيزياء ارسطو هو نفيه وجود الفراغ والحركة في الفراغ . نحن نعلم ان استحالة الفراغ بيّنها ارسطو عن طريق البطلان : في الفراغ ، أي في حالة انعدام المقاومة تتم الحركة بسرعة لا نهاية لها . ويرى بنيدتي ان هذا خطأ كبير. فنظراً لأن السرعة تتناسب مع الوزن النسبي

للجسم أي مع وزنه المطلق ، ناقصاً (وليس قسمةً على) مقاومة المكان ، ينتج عن ذلك مباشرةً أن السرعة لا تزيد الى ما لا نهاية له وأنه بعد الغاء المقاومة ، لا تصبح السرعة لا نهائية اطلاقاً . بل هي بالعكس تتناسب ، فيما خص الأجسام المختلفة (اي الأجسام المؤلفة من مواد مختلفة) متناسبة مع وزنها النوعي المطلق أي مع ثقلها النوعي (Densité) . أما الأجسام المركبة من نفس المادة ، فإن سرعتها الطبيعية في الفراغ واحدة .

صورة 8 - السقوط المتواقت لأوزان متجانسة سنداً لبنيديتي

وهذا يثبت بالبراهين التالية : « نفترض وجود جسمين متجانسين *g* و *o* (صورة رقم 8) ونفترض أن *g* نصف *o* . ونفترض ايضاً جسمين آخرين متجانسين مع الأولين Aete وكل منهما مساوياً لـ *g* . نتصور أن الجسمين الأخيرين يعني *e* و *a* موضوعين عند طرفي خط وان i نصف هذا الخط . من الواضح أن النقطة i تحمل ثقلاً يعادل الثقل الذي يحمله مركز *o* . ثم أن i بفعل الأجسام e و *a* يتحرك في الفراغ بنفس السرعة التي يتحرك بها المركز ولكن اذا كان الجسمان *e* و *a* غير مرتبطين بالخط المذكور فانهما لا يغيران سرعتهما ، وكل منهما يكون سريعاً مثل *g* . واذاً فـ g تكون بمثل سرعة o » .

في الحركة في الفراغ ، وفي السقوط المتواقت لأوزان متجانسة : اننا نبعد كثيرا عن فيزياء أرسطو. ولكن الأسس الثابتة للفلسفة الرياضية ، والنموذج القائم أبداً حول فكر بنيدتي Benedetti وفهمه للعلم الأرخميدي ، لم تسمح له بان يقف عند هذا الحد. فأرسطو قد صنع لنفسه تصورا خاطئاً عن العالم تصوراً يتلاءم مع فيزيائه . ان مفهومه الخاطىء للكوسمولوجيا المرتكزة على النهائية هي أساس نظريته عن المكان الطبيعي الذي هو اساس الديناميك عنده . والواقع « لا يوجد أي جسم في العالم أو خارج العالم (مهما قال ارسطو) لا مكان له » . امكنة خارج العالم؟ لم لا ؟ . هل من ضير ان تكون فوق السماوات اجسام لا نهائية ! لا شك أن ارسطو Aristote ينكر ذلك . ولكن حججه ليست على الاطلاق دامغة . ولا ايضاً حججه التي يقول بها عن استحالة تعدد الأكوان وعن عدم فساد السماء وغيرها من الأشياء الكثيرة . كل ذلك لأن ارسطو لم يفهم شيئاً بالرياضيات . والدليل على ذلك انه انكر حقيقة اللانهائي . وبنيدتي حين عارض انكار ارسطو لوجود اللانهائي قسّم الخط الى قسمين متساويين . ثم قسّم الى قسمين كلّ واحد من النصفين الحاصلين وارتأى تكرار العملية الى اللانهاية . وهذا ما حمله على التأكيد بأن التعددية اللانهائية ليست أقل صدقاً من التعددية النهائية .

وهكذا نجد انفسنا قريبين من غاليلي Galilée ومن ديكارت Descartes . وقريبين جداً . ولكن ايضاً بعيدين ، اذ من بين الأخطاء التي ارتكبها ارسطو بشأن الحركة ، لم يستطع بنيدتي ان يلحظ الخطأ الأكبر بل وقع فيه . وهذا الخطأ هو انه رأى في الحركة تغييراً لا « حالة » . وهذا الخطأ يجعل الفلسفة الرياضية لدى بنيديتي وراء الخط القاسم الذي يفصل علم عصر النهضة عن العلم الحديث .

4 ـ ارخميدس Archiméde جديد : سيمون ستيفن Simon Stevin

ان مساهمة ستيفن الوحيدة في الديناميك تقوم على تجربة حول سقوط الأجسام اجراها مع جون غروسيوس Jean Grotius سنة 1585 ، وذلك لمعرفة : هل الأجسام الثقيلة تقع اسرع من الأجسام الخفيفة كما يقول ارسطو ، ام انها تقع بذات الوقت كما يؤكد ذلك تسيني Taisnier وكاردان Cardan .

دلت التجربة انه اذا وقعت طابتان من الرصاص من وزنين مختلفين بنفس السرعة ، فبالمقابل يقع خيط القطن بصورة أبطأ من رزمة القطن المكبوس : واذاً فالنظريتان خاطئتان . وقد ندهش ان ستيفن لم يحاول معالجة هذه النتيجة المخيبة . فقد يمكن ان يكون قد توقف بفعل الصعوبات التي يفرضها وضع ديناميك رياضي ، أي استحالة اقامة العلاقة بين المقاومة والقوة نظرياً ثم استحالة جعلها تجريداً، كما فعل عامداً في ستاتيكه وفي الأيدروستاتيك الذي وضعه . وبهذا الشأن ورغم هدفه العملي ودرسه للفن الوزني، ولأثر الآلات البسيطة مثل المخل والبكرة رأى ستيفن أن الستاتيك هو بذاته علم نظري خالص وهو فرع من الرياضيات حاله كحال الحساب والجيومتريا .

ونشر ستيفن كتابه ستاتيك باللغة الفلمنكية اولاً ، وضمنه تطبيقات عملية ومعاجة ايدروستاتيكية وذلك في سنة 1586 . واعيد طبع الكتاب مع اضافات سنة 1608 وترجم الى اللاتينية من قبل سنيليوس Snellius . ولكن البير جيرار Albert Girard نشر ترجمة فرنسية للكتاب في سنة 1634.

فصل الستاتيك عن الديناميك : ان ستاتيك ستيفن ارخميدي خالص . ويكفي كما يقول دوهيم Duhem تصفح الكتاب حتى نعرف في ستيفن تلميذاً اميناً للجيومتري السيراكوزي . ولذا فهو يحكم ضد التراث المنبثق عن « مسائل ميكانيكية »، والذي يربط بين الستاتيك والديناميك ويفسر توازن العتلة باعتبارات تنظر الى الحركات على انها اقواس دائرة تقوم بها أطرافها .

وعلى كُلٍ لا يبدو ستيفن متمسكاً بهذا الحكم . اذ بهذا الشأن ، وفي ملحق ثانٍ لكتاب الستاتيك وفيه يدرس توازن البكرات ، والرافعات ، كتب يقول انه يطبق على هذه الآلات البديهية التالية : Ut spatium agentis ad spatium patientis, sic potentia patientis ad potentiam agentis. ويعيد ادخال تنقلات ، من العبث التساؤل ما اذا كانت فعلياً قائمة او ممكنة محتملة .

ستاتيك ستيفن : نظرية المخل : يقسم كتاب الستاتيك الى بابين . الباب الأول يدرس خصائص توازن الأوزان او الأثقال ويدرس الثاني بحوثاً حول مراكز الثقل في الرسوم المسطحة وفي الأجسام الصلبة . ويقسم الباب الأول الى قسمين القسم الأول فيه تعاريف وبديهيات والقسم الثاني فيه اقتراحات تعالج الأوزان النازعة عامودياً (بفعل نظرية المخل)، والأوزان النازعة مائلياً (بواسطة السطح المائل) .

ان نظرية المخل ذكية وانيقة ، وهي ترد شروط التوازن في أي مخل الى حالة ابسط حالة الميزان ذي الذراعين المتساويين الذي يعطي نتائج اكيدة حالاً .

يفترض وجود موشور Prisme متجانس معلق بمركزه في الصورة، مركزه الذي يشكل بذات الوقت مركز ثقله النوعي T (صورة 9) ، من المؤكد أنه سيكون في حالة توازن . لنقسمه ، ذهنياً ، الى ستة اجزاء متساوية بالخطوط BC VO, LM, IK, GH, EF, AD نجمع بالفكر ايضاً ، القطع الأربع اليسارية والقطعتين اليمينيتين:ان مراكز ثقلها النوعي المتتالي تكون عند S وX . نُحِلُّ محل كُل من هذه الأجسام ثقلاً مساوياً ، يعلق عند مركز الثقل النوعي لكل منها . وهذه الأثقال يجمعها عامود صلب : ان التوازن لا يتغير ، الا ان المسافة التي تفصل T عن S وعن X تتناسب عكسياً مع الأوزان المعلقة . ان التحليلات ، المبنية على نفس النموذج ، تدل على صحة القيمة العامة لهذا الحكم مهما كان شكل الأجسام المعنية أو الطريقة التي بها تعلق بالعامود (الصلب) الموجود في الميزان .



صورة 9 ـ تبيين شروط التوازن في ميزان متساوي الذراعين وضعه ستيفن

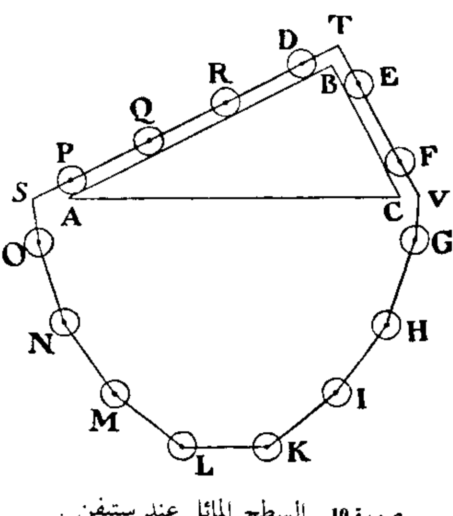
السطح المائل: «العجيبة ليست عجيبة»: لم يحلّ ستيفن Stevin ، كما قيل احياناً ، مشكلة السطح المائل ، فقد أثبت دوهيم بهذا الشأن ان هذا الحل قد عثر عليه جوردانوس نيموراريوس Jordanus Nemorarius وعنه « اخذه » استعاره تارتغليا Tartaglia . الا ان نظرية التوازن ، توازن الأجسام ، فوق سطح مائل ، تستحق ان تلحق باسم ستيفن Stevin . فقد عثر عليها ستيفن Stevin، بواسطة تحليل اصيل وجديد ، مرتكز على «استحالة الحركة الدائمة »، ثم حوَّله الى مبدأ اساسي في الميكانيك ، بواسطة تحليل استقرائي لدرجة يبدو معها الاستنتاج بديهياً عفوياً .

هذا التبيين ، (وهو الأشهر ، وقد كان ستيفن فخوراً به الى درجة انه كتب تحته « العجيبة ليست عجيبة »، على الصفحة الغلافية من كتابه)، يقوم على رسم مثلث ABC بحيث يكون الضلع AB اطول من الضلع BC بمرتين . ويوضع الضلع المذكور أي AB بشكل يكون سطحه عامودياً وقاعدته موازية للأفق ثم احاطته بالتالي بسلسلة مؤلفة من 14 كلة متساوية وعلى نفس الأبعاد R, Q, P, O, N, P, L, K, I, H, G, F, E, D (صورة 10) .

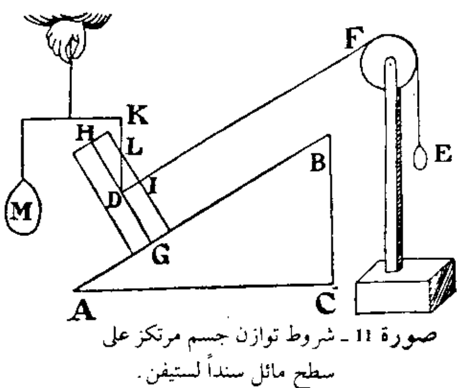
في هذه الحالة تقع كلتان على الضلع BC ، وأربع على الضلع AB والثماني الباقية تعلق تحت بحيث تشكل مجموعة متقابلة . وبالضرورة يكون الجميع بحالة توازن لأنه اذا كانت « الجاذبية الظاهرية » ـ وهو مفهوم يتوافق مع المفهوم المسمى « الجاذبية الثانية المكانية » gravitas secun dum Situm، بحسب الستاتيك الوسطي ـ للكلتين E وF لاتتساوى مع الجاذبية الظاهرية التي للكلل

DRQP ، عندها تأخذ «الكلل الأثقل» بالهبوط في حين ترتفع الأخف ، الأمر الذي يجدد الوضع الأساسي مع ما يلحق به أي . الحركة في «الكلل الأثقل» . وهكذا تنشأ حركة دائمة وهذا مُحال» . ان « الجاذبيات الظاهرية » للأجسام الموضوعة على سطوح مائلة تتناسب عكسياً مع طول هذه السطوح . وينتج عن ذلك أن هذا الوزن الظاهري ، إذا قورن بالوزن الذي يمكن أن يوازنه ، يتناسب مع خارج قسمة AB (الضلع المواجه للزاوية القائمة) على ضلع الزاوية القائمة BC (صورة 11) .

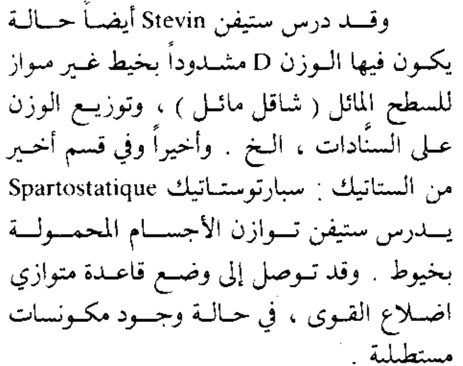
والخط DF الموازي لـAB يحمل الثقل D بحيث يبقى متوازناً إذا كان الوزن، E يساوي : $D\frac{AB}{BC}$ ، ويكون الحال كذلك أيضاً إذا كان الخيط DK يشد الوزن D عامودياً نحو الأسفل بشرط أن يكون الوزن M مساوياً للوزن E .



صورة 10 ـ السطح المائل عند ستيفن .



صورة 11 ـ شروط توازن جسم مرتكز على سطح مائل سنداً لستيفن .

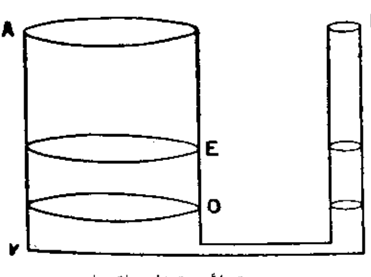

وقد درس ستيفن Stevin أيضاً حالة يكون فيها الوزن D مشدوداً بخيط غير مواز للسطح المائل (شاقل مائل) ، وتوزيع الوزن على السَّنادات ، الخ . وأخيراً وفي قسم أخير من الستاتيك : سبارتوستاتيك Spartostatique يدرس ستيفن توازن الأجسام المحمولة بخيوط . وقد توصل إلى وضع قاعدة متوازي اضلاع القوى ، في حالة وجود مكونات مستطيلية .

ايدروستاتيك ستيفن : ولكن اذا كان عمل ستيفن في الستاتيك ، وبفعل الوضوح الذي يضفيه على هذا العلم جعله يبدو وكأنه المبدع الثاني بعد ارخميدس Archiméde ، فان عمله في الأيدروستاتيك ربما كان أروع . اذ يجب القول ان الأيدروستاتيك منذ ارخميدس لم يحرز أي تقدم .

ويمكن القول ان بنيدتي Benedetti وحده ، حين اكتشف مبدأ التوازن الإيدروستاتيكي قد قام بخطوة الى الأمام. وبهذا الشأن يقول بنيدتي في كتابه ديفيرساروم سبكولاسيونم Diversarum Speculationum ان الماء في الأوعية المتصلة يكون على نفس المستوى وبالتالي إذا كان جسم المضخة AV قد وصل بأنبوب ضيق F (صورة رقم 12) فإن ماء الأنبوب يكفي لمقاومة دفع الماء في جسم

المضخة AV وبالعكس ، رغم ان ماء الوعاء AV يزيد في حجمه وفي وزنه عن ماء الأنبوب F » .

من هذه الملاحظات استنتج بنيدتي ـ وهو بذلك سابق على باسكال Pascal وضاغطته المائية ـ انه ، اذا كان جسم المضخة AV اعرض بعشر مرات من الأنبوب F فانه يلزم وزن عشرة أضعاف في AV لدعم ضعف واحد في F .



صورة 12 ـ دراسة الأوعية المتصلة على يد بنيدتي .

ولم يعرف ستيفن بنيدتي ـ اذ لم يقرأ الا كتاب أوبسكولوم L'opusculum الذي وضعه ج . تسيني J. Taisnier ، ونشر في كولونيا Cologne ، دون ان يشك بأن الكتاب مسروق عن كتاب بنيدتي وعنوانه ديمونستراسيو ـ ولذا يعتبر عمله مستقلاً واصيلاً .

ولهذا العمل من ستيفن أيضاً مدلول آخر غير مدلول عمل الفيزيائي الايطالي بنيدتي . اذ من نفس الملاحظة المتعلقة بالأوعية المتصلة وتوازن الماء فيها ، وان الماء في الأنبوب الصغير يعادل من حيث الوزن وزن الماء في الوعاء الكبير ، يستنتج ستيفن بأن الضغوطات التي يمارسها الماء في الأنبوب الصغير والماء في الوعاء الكبير ، فوق سطح فاصل ، هذه الضغوطات متساوية . ومن هنا وبفضل تحليلات انيقة واصيلة يبين ستيفن ان ضغط الماء على قاع وعاء لا يتعلق لا بشكل هذا الوعاء ولا بكمية الماء التي يحتويها بل فقط بارتفاعه . وبقول آخر ان الضغط يساوي الضغط الذي يمارسه على هذا القاع وزن موشور (Prisme) قاعدته تشكل القاعدة وارتفاعه يساوي الخط العامودي بين قعر الإناء وسطح الماء . ومن هنا المفارقة الايدروستاتية الشهيرة القائلة بان اي سائل يمكن ان يمارس على قعر الوعاء الذي يحتويه ضغطاً يزيد كثيراً عن وزنه .

ويستند تحليل ستيفن على المبدأ (قاعدة 4 ،بند 4) القائل بأن أي جسم صلب مهما كان شكله وذا وزن نوعي معادل لوزن الماء، يبقى في حالة توازن مهما كان وضعه ، وبالتالي ان احلال هذا الجسم محل أي قسم من الماء الموضوع في وعاء (مبدأ التجميد) لا يغير شيئاً من ظروف التوازن وفي ضغط الماء . فلنحل اذا مثل هذا الجسم الجامد محل كل الماء الموجود في الوعاء ، باستثناء بعض مساحة في القعر وباستثناء قناة ، مهما كان شكلها تربط بين القعر والسطح ، في هذه الحالة لا يتغير الضغط . فلنفرغ القناة : يزول الضغط وينعدم . نملأ القناة من جديد : يعود الضغط . ويبقى دائماً مهما كان شكل القناة . واذاً فالحجم ووزن الماء الضاغط يساوي ضغطاً يحدثه موشور قائم مركز على القعر المذكور . هذا الضغط يحدث على حد سواء من اسفل الى اعلى ومن اعلى الى اسفل .

ولهذا اذا تصورنا القعر EF في الأنبوب KLI متحركاً (صورة رقم 13) يجب من اجل معادلة ماء الأنبوب وجود وزن يفوق عدة مرات وزن هذا الماء، وذلك من اجل موازنة ماء الأنبوب .



صورة 13 ـ تحديد ستيفن للضغط الذي يمارسه سائل معين على قاع الوعاء .

عنـد دراسة الضغط الحـادث على القعـر يضيف ستيفن Stevin دراسة الضغط الـذي يحدثـه السائل على اطراف الوعاء الذي يحتويه .

ولتحديد هذا الضغط وضخامته قطَعَ الجوانب الى اقسام أفقية واعتبر الضغط العام وكأنه مجموع الضغوطات الجزئية التي يمارسها السائل على كُلٍ من هذه الأقسام ،ضغوطات تتعلق بالعمق بين سطح الماء وكُل من الأجزاء المعنية . وبهذا الشأن شكّل ستيفن سلسلتين لكل منها عمق القسم متخذاً كعمق للقسم مرة عمق حده الأعلى ومرة عمق حده الأدنى . والمجموع الأول اصغر والمجموع الثاني أكبر من القيمة المبتغاة التي تشكل الحد المشترك والتي نعثر عليها كلما زدنا الى ما لا حد له عدد الأقسام. وهكذا يكون الضغط الذي يسببه السائل على حاجز عامودي مساوياً لوزن نصف موشـور يشكـل الحاجـز قاعدته اما ارتفاعه فيساوي ارتفاع مستوى الماء في الوعاء . وبفضل اعتبارات مماثلة حددستيفن ضغوطات السائل على الحواجز المنحنية وعالج أيضاً الحالات التي تكون فيها الحواجز أوالجوانب مستديرة، أو معوجة . فضلاً عن ذلك أضاف البرهان الجيومتري تدليلاً رقمياً .

علامة من علامات الوقت : يقفز امـام النظر الايحـاء الأرخميدي في هـذه المناهـج ولكن يبقى لستيفن فضل ومجد استعمالها في مجال لم يفكر احدٌ قبله بها .

واذا قورنت مساهمات ستيفن في نظرية السفينة ببقية عمله التنظيري فانها تبدو ثانوية. الا أنـه يعود الفضل الى ستيفن في تبيان ، ليس فقط ان السفينة تكـون اكثر استقـراراً كلما كان مـركز ثقلهـا النوعي أدنى ، بل أيضاً أن هذا المركز يجب ان يكـون ادنى من مركـز الثقل النـوعي للماء الذي يحتله غاطسها .

وننهي بالتذكير بان اعظم مجد احرزه ستيفن ، بالنسبة الى معاصريه ، لا يكمن لا في « حسابه » ولا في ستاتيكه ولا في ايذروستاتيكه بل في عربة ذات شراع بناها سنة 1600 من اجل موريس دي ناسو Maurice de Nassau ، عربة تتسع لثمانية وعشرين شخصاً يجلسون فيهـا ولا يستطيـع اي حصان اللحاق بها .

الكتاب الثاني :

علوم الطبيعة



الفصل الأول :

العلوم المتعلقة بالأرض

ان علوم الأرض تحمل ، اكثر من غيرها من علوم الطبيعة ، ثقل المواقف الفكرية او السيكولوجية الموروثة عن الماضي او المرتبطة بغاية هذه المواقف . مركز الكون ، مقر الانسان ، تلعب الأرض دوراً أساسياً في كل علوم الكون (كوسمولوجيات) ، ولكن احشاءها تتضمن كنوزاً وربما أيضاً « الجحيم » . والانسان الذي يدخل وهو يرتعد في الكهوف المظلمة ، يخشى أن يجد فيها الشياطين الى جانب المعادن الثمينة . ولكن هنا أيضاً يمكن أن نعثر بحق على الطبيعة الحقة وهي تعمل . في أي مكان آخر لا يوجد مثل هذا الاحساس بالصفة البروميثية (الحضارية) في البحث عن المعرفة .

تعطى الكوسمولوجيا الأرسطية للأرض وضعاً خاصاً . فالكون بحكم أنه أزلي تكون الأرض ازلية مثله وهذا يقتضي نفي أو استبعاد فكرة الأحداث الكبرى الجيولوجية . ولكن الأرض بحكم موقعها من عالم تحت القمر ، وهو مكان الخلق والفساد ، معرضة لتغيرات دائمة : من جهة ، ان العناصر يمكن أن تتغير بعضها في بعض . ومن جهة اخرى أن الابخرة الجافة والرطبة التي تتصاعد من الأرض بتأثير من الأجرام السماوية تتحكم بالميتورولوجيا (حالة الرطوبة والجفاف) وبدوران المياه وحتى بالزلازل . وهناك سلسلة من الأحداث الجيولوجية تفسر باسباب فيزيائية ، الا ان البحث المنهجي قلما يكون ممكناً نظراً للحالة الأقليمية التي تتحكم بالأحداث المرصودة .

وبالعكس ان الكوسمولوجيا المسيحية تفرض فكرة خلق الكون في لحظة محددة من الزمن . والكمال الواجب بحكم أنه إلهي ، كمال الكون المخلوق ، يفترض تلاؤماً صحيحاً بين اقسامه ويفترض أن تكون الأرض ، في تضاريسها ، في وضع يساعد على التفكير في المصير الأخروي اكثر من البحث عن الأسباب الفيزيائية . ورغم أن التراث الموروث عن « الأنبياء » لا يفرض فكرة الخلق الكامل ، دفعة واحدة ، الا أن هذه الفكرة فرضت نفسها بصورة تدريجية . والتسلسل التاريخي التوراتي يوحي بتاريخ محدد لخلق الكون : وهذا التاريخ يختلف بحسب المفسرين ، فهو يقع عادة في

حوالي 4000 سنة قبل المسيح . وتاريخ الأرض ، اذا اخذ بين الأبدية الغامضة التي قال بها ارسطو والاختصار في التأريخ التوراتي لا يمكن أن يتطور ولا يمكنه أن يتضمن إلا أحداثاً ذات مدى قريب .

ومن جهة اخرى ان الفكرة المتكونة عموماً عن « الطبيعة » كقوة ناشطة أبداً ومحكومة بقوة منبثقة عن الله ، حتى وان لم تلتبس به ، تجعل من احشاء الأرض المكان الدائم للتغيرات الدائمة . وفي افضل الأحوال تعتبر هذه التغييرات من تلك التي تطمح الخيمياء الى احداثها في المختبر. وهذه التغيرات العميقة ، المتخيلة سنداً لمبادىء الخيميائي ، اكثر مما هي وفقاً لنموذج ارسطو المتعلق بتغير العناصر ، هذه التحولات لا تعتبر تفاعلات كيميائية ولكنها قد تصبح كذلك . وفي أسوأ تفسير يعتبر نشاط الطبيعة هذا كعملية سحرية يدخل فيها تأثير النجوم . ان « الطبيعة » او العالم الروحاني هي التي تعطي لبعض الأحجار والصخور اشكالاً عجيبة واعضاء شبيهة باعضاء الانسان او الحيوانات ، واحياناً حروفاً لاتينية او عبرية . ان المتحجرات تعتبر بصورة خاصة كالعاب في الطبيعة . وعلى كل حال ان الحدود بين المملكة الحيوانية ومملكة الجماد ليست واضحة فالأحجار تنبت كما تنبت الأعشاب مما يدل على انها كائنات حية .

وعلى الأقل من المسلم به ان شيئاً ما يحدث وان الطبيعة تعمل باستمرار وانه يمكننا محاولة فهم سر عملياتها . وهناك بعض المفكرين الكبار يحملهم هذا الاقتناع على البحث عن اسباب فيزيائية لبعض الأحداث التي تسهل ملاحظتها. يقول برنار باليسي Bernard Palissy : ورد في كتاب « الخلق» ان الله خلق كل الأشياء في ستة أيام وأنه استراح في اليوم السابع : ولكن الله لم يخلق هذه الأشياء ليتركها بدون عمل ولهذا فكل شيء يقوم بواجبه ويتحرك . لا شك انه تنقصنا معارف كثيرة ايضاً ، ومفاهيم كثيرة وقواعد ومناهج تجريبية ما نزال نحتاج الى اختراعها لكي يقوم علم بهذا الشأن . ولكن الفضول عبر الزمن يراكم المعارف التفصيلية ويضع مختصرات تفسيرات جزئية نسيها القرن السابع عشر لمدة طويلة نظراً لاهتمامه الحثيث بالكوسموجونيا الفيزيائية (أي علم نشأة الكون) .

فضلاً عن ذلك كان الفضول في القرن السادس عشر بعيداً تماماً عن التنظير . وتفرض الدراسات حول حركة البراكين في بلدان حوض المتوسط نفسها فالبحث التعديني والأيدرولوجي تشجع عليه احتياجات الطب الذي يعطي لبعض الأحجار خصائص شفائية ويستخدم المياه الحارة . وقدساعدت الرأسمالية الناشئة خاصة في المانيا البحوث المنجمية .

ولكن الكتب التقنية المؤلفة حول هذه البحوث ظلت في أغلب الأحيان عملية وقلما ادت الى تنظيرات عامة . ولكن هذا لا يعزى فقط الى التناظر أو التعارض بين النظرية والتطبيق كما يتصوره برنارد باليسي Bernard Palissy في كتابه « خطابات مدهشة » : بل ربما يعود هذا بصورة خاصة الى ذهنية القرن السادس عشر بالذات .

بنية الأرض: اذا كان الشكل الدائري للأرض لم يعد أبداً موضوع شك من قبل أي كان فان التكوين الفيزيائي لهذه الكرة، وطبيعة الأقسام المركزية يثيران جدلاً كبيراً. ونظرية النار المركزية قديمة

جداً. ولكن التيولوجيا أعادتها الى الحياة بقوة، حتى جاكوبوماريانو دي سيان Jaccopo Mariano de Sienne وضع لهذا الموضوع، في القرن الخامس عشر، تفسيراً عاماً يتناول البراكين والهزات الأرضية. اما كاردان Cardan فيرى أن كتلة الكون سائلة وان القارات تعوم على سطح الماء. وهذا الأمر رفضه بعنف ج. س. سكاليجر J. C. Scaliger، الذي يعتبر أن كتلة الكون جامدة وان البحار لا تغطي الا قشرة سطحية قليلة السماكة (سابتيليتات Subtilitate 1557). وهذا الرأي يبدو أكثر شيوعاً: فهو مقبول لدى ليونارد دافنشي Leonard de Vinci ولدى اغريكولا Agricola، على الأقل. وهذا المفهوم لا يمنع من القول بوجود كهوف ضخمة في باطن الأرض الصلبة مملوءة بحسب الأراء، بالماء او بالنار أو باهواء العنيف، ونشاطها بارز بظاهرات سطحية. وهو لا يمنع كذلك من افتراض وجود كمية ضخمة من المياه الباطنية.

تضاريس الأرض واسبابها: ان هذه المسألة من أكثر المسائل أهمية واثارة للجدل ويبدو بشكل عام أنه من المقبول القول بأن هذه التضاريس في الأرض، في خطوطها الكبرى، تعود الى أيام خلق العالم. فالهيغينوتي برنارد باليسي يقول: « الله حدد حدود البحر فلا يتجاوزها: كما كتب ذلك سفر الأنبياء ». اما سكاليجر فيقول من العبث ايضاً البحث عن منشأ الجبال وعن منشأ كل الكون: فكلها وضعها الله بالأماكن المناسبة. ولكن هذه النظرية تصطدم بانتقادات جدية. والفكرة الأكثر اصالة ان لم تكن الفكرة الأقوى هي فكرة خلق الجبال بفعل الجاذبية بين الكواكب، ويجيب سكاليجر: اذا صحت هذه الشروط فالجبال يجب ان تدور مع الكواكب. ولكن التثبيتي سكاليجر اخطأ بالتخلص سريعاً من الحلول الأخرى المقترحة لهذه المشكلة: ذلك أنه لا يستطيع الاعتقاد بان تضاريس الأرض قد اصابتها تغييرات مهمة منذ خلق الكون.

فالهزات الأرضية والبراكين توحي بعدم استقرارية القشرة الأرضية، ومنذ العصور القديمة كانت صقلية Sicile ومنطقة نابولي Naples مكاناً لنشاط بركاني زخم استمر حتى القرن السادس عشر (1488, 1527, 1538). ويعزو ارسطو في كتابه علم الارصاد الجوية (ميتيرولوجيا) الظاهرة الى رياح باطنية مضغوطة داخل الفجوات. وأعاد سكاليجر هذا التفسير، الا أن آخرين مثل كاردان وبرنار باليسي، يقولون بالنيران الباطنية التي تستهلك كميات من الكبريت والبيريت والفحم الحجري. وهذه النيران تعمل اما بصورة مباشرة او تولد ابخرة عنيفة تضغط بشكل رياح باطنية. وهذه الرياح تفجر اقبية الفجوات التي تحتويها فتولد الزلازل وتفجرات البراكين، واحياناً ظهور أراض جديدة مثل جزيرة ميكراكميري Micra Kaimeri في خليج سونتورين Santorin، 1573. ولا يبدو ان احداً فكر في توسيع هذا التفسير ليشمل كل جبال الكرة الأرضية. والعكس من ذلك يرى اغريكولا Agricola ان النار لا يمكن الا ان تتلف الجبال وذلك بالقضاء على اجزائها الداخلية. وهناك ملاحظة غريبة ابداها سكاليجر مفادها ان غرق كتلة صلبة في مادة لدنة مثل غرق الحجر في الوحل، يؤدي الى رفع سطح المادة اللدنة. ولكن هذه الفكرة سرعان ما تخلى عنها المؤلف لانه لم ير جدوى القول بها.

والواقع ان الفكرة السائدة عموماً هي نظرية «نبتونية»، (قبل وقتها). ويرى ليونارد دا فينشي

Leonard de Vinci أن الجبال ، وهي عظام الأرض كانت مغطاة في الأصل بمواد خفيفة ازالها الحت واخذها الى الأماكن المنخفضة . وليست الفكرة واضحة تماماً ، ويجب الافتراض بأن الجبال كانت مغطاة بتراب لين وانها كانت موجودة منذ التكوين . اما فكرة أغريكولا فتبدو اكثر وضوحاً واكثر جرأة :

« فالهضاب والجبال احدثتهما قوتان : قوة الماء وقوة الريح . وهناك ثلاث قوى تزعزع الجبال وتزيلها ، وهنا يجب ان نضيف الى قوة الماء وقوة الهواء قوة النار الداخلية في باطن الأرض. والآن نستطيع ان نرى بوضوح ان الكمية الكبيرة من المياه تحدث الجبال ، لأن السيول تسحب الأرض الطرية ثم تنقل الأرض الأصلب وبعدها تدحرج الصخور الى القاع ، وهكذا تحفر بعد سنين السهول والفجوات الى اعماق بعيدة . وهذا يمكن ان نلاحظه في المناطق الجبلية حتى من قبل مراقبين غير مجربين . وان نحن حفرنا الى اعماق بعيدة ، عبر الأجيال تتكون لدينا هضاب ضخمة على الجانبين . وعندما يرتفع هكذا شاهق تذوب التربة وتتأكلها الأمطار الدائمة بعد أن يكون الجليد قد فجرها وفجر الصخور ، ما لم تكن هذه الصخور صلبة للغاية ، نظراً لأن ركائزها تكون قد ماعت بفعل الرطوبة . عندها تتدحرج الصخور في الفجوات المتكونة في الحضيض . ويستمر الحال هكذا الى ان يتحول المنحدر العنيف الى منحدر لطيف . وكل جانب في الحفرية يسمى جبلاً ويسمى القاع وادياً . . . ولكن هذه التحولات في الأوضاع مهما كانت من الكثرة ومن الأهمية ، لا يعزوها الناس إلى حين حصولها بالضبط ، وذلك بسبب قدمها وبسبب تقادم الزمان والمكان والكيفية التي بدأت بها ، فلا تستطيع ذاكرة الانسان استيعابها » .

وتتضمن الخلاصة نوعاً من الاستشعار بضخامة الأزمنة الجيولوجية ، وفي هذا بصورة خاصة تكمن جرأة النص رغم انه من الممكن العثور على نفس الملاحظة عند ارسطو Aristote . ووصف مختلف اشكال الحت بواسطة الماء (امطار،جليد، مياه جارية) يبدو واضحاً نوعاً ما ، ولكن الفكرة لم تكن جديدة. اذ من المعلوم ، منذ أيام هيرودوت Hérodote ان مصر كانت هبة النيل . وقد احتج سترابون Strabon ضد توسيع هذا النمط من التفسير والاسراف به . ورغم ذلك فقد تمت العودة اليه ووسعه ليونار دا فينشي Leonard de Vinci بصورة خاصة ، حين نظر في الشروط التي بها ينقل الماء الجاري الحتيت ليراكمه بشكل ترسبات. وليس هناك من دراسة جدية حول نقل مختلف المواد المعدنية . ومن الملحوظ تماماً ان فكرة النقل بواسطة المياه الجارية تتغلب بصورة واضحة على فكرة الترسب في مياه هادئة . والواقع ، ان الاطار التأريخي التسلسلي الذي فرضه «التوراة»، يوحي بفكرة الأحداث السريعة نوعاً ما ، اما ظاهرات تراكم القشرات فقلما لفتت انتباه العلماء.

والشيء الذي سهل في القرن السادس عشر نجاح تفسير التضاريس بفعل المياه والحت والترسب ، هو بالدرجة الأولى امكانية رصد الظاهرة التي أشار اليها ليونار دا فينشي وكذلك برنار باليسي Bernard Palissy ، اضافة الى بساطتها البالغة . ويضاف الى ذلك ايضاً الجهل العام بعلم الأيدروستاتيك والجغرافيا . ويرى برنار باليسي وكثيرون غيره مستوى البحر اعلى في اغلب الأحيان من

مستوى الأرض ، انما في وسطه فقط : «ان البحر في اطـرافه محكـوم ، بأمـر الله حتى لا يطغى عـلى الأرض ». ومستوى البحر الأحمر اعلى من مستوى البحر المتوسط. وهذا ممكن لأن المحيط الهندي غير مرتبط كثيراً بالأطلسي. والمياه يمكن تماماً ان تكون قد غـطت الأراضي وكونت الجبـال دون التساؤل الجدي عن مصيرها فيها بعد . واخيراً ان وجود المياه في امـاكن مرتفعـة من الجبال يـدل عليه وجـود الأصداف والمتحجرات البحرية.

مسألة المتحجـرات : ان وجود المتحجـرات البحريـة في اراض بعيدة جـداً عن البحر كـانت معروفة تماماً عند الأغريق . وقد استنتج من ذلك هيرودوت وارسطو وسترابـون Strabon ان البحر كان يغمر هذه الأراضي من قبل . وهذا يعني ، منذ البداية ان هذه المتحجرات هي بقـايا حيـوانات بحرية . ولم يؤكد ارسطو ذلـك بصورة وضعيـة . اما بلين Pline فـافترض أنها ربما تكون احجـار صواعقية او بفعل لعب الطبيعة التي عملت على تكوين هيكليات حجرية خـالصة تقليـداً للكائنـات الحية . والنظامان وجدا من يدافع عنهما في القرن السادس عشر . وقد دافع عن النظام الثاني مركاتي Mercate واوليفي Olivi وغيرهما ، قائلين بتدخل وحدة اعمال الطبيعة والقدرة الخـلاقة لتـأثيرات الكواكب . وظل النقاش مستمراً حتى القرن الثامن عشر . ولكن يبدو ان غالبية العلماء لم تتردد اطلاقاً حول نشأة المتحجرات ذات الأصل الحيـواني . ومن هؤلاء كان البـير Albert الكبير ، امـا ليونـارد دافنشي والسندرو السندري Alessandro Alessandri ، (1460-1523) ، وفراكاستور Fracastor وجسـنر Gesner ، وسيزالبينو Cesalpino ، وبـرنار بـاليسي Bernard Palissy فلم يعتريهم الشك حول هذا الموضوع. والمسألة الحقة هي الى أي حدود كانت الأرض مغطاة بالمياه في الأمكنة التي اكتشفت فيها اليوم المتحجـرات البحرية. كاردان Cardan وغيره أدخلوا الطوفـان التوراتي بـاعتباره التفسير الذي يتلاءم مع اقصر تاريخ للأرض واردٍ في سفر التكوين ، وكان الانسان منذ البداية شاهداً عليه. ولكن هذا التفسير يثير مصاعب درسها بعناية ليونارد دافنشي فقال: لو أن المتحجرات قدوضعتها الأمواج الطوفانية ، لكانت قد بعثرت في جنبات الجبال ولما كانت مجموعة كلها عند نفس المستوى قشرة فوق قشرة . مما يدل على أن ليونـارد افترض ان الأصـداف التـي كانت تعيش في ميـاه البحـر ، قـد غطيت بصورة تدريجية بالحمم التي جلبتها الأنهار : وبهذه الطريقة ظلت هذه الأصداف محاطـة وميتة تحت هذا الطمي الذي ارتفع الى علو أعلى من سطح البحر في الفضاء، والأن تبدو هذه الترسبات ذات ارتفاع كبير بشكل هضاب وجبال مرتفعة . ولا يبدو أن ليونارد Leonard قد رأى ان هذا يفترض ارتفاعاً في مقاعد المتحجرات او انخفاضاً في سطح البحـر. الا ان هذه المشكلة ظلت مـطروحة حتى القرن الثامن عشر . اما برنارد باليسي فقد كان أكثر حذراً وفضـل اعتبار المتحجـرات البحريـة كبقايـا حيوانات مياه حلوة تولدت في المكان ذاته ، وهو لم يقل بتفسير عن طريق الطوفان ، وبحكم انه اكثر احتراماً للتوراة من ليونارد، لم يشأ القول مثل ليونارد بأن الناس فقدوا ذكرى الزمن حين كانالبحر يغطي الكثير من البلاد. وهنا أيضاً يجعل قصر التأريخية التوراتية المشكلة غير قابلة للحل تقريباً الى أنجاءت أواخر القرن الثامن عشر ، ومع ذلك فمن الملحوظ أن احداً لم يفكر (باستثناء فالوبيـو Fallopio) باخضاع الطوفان البيبلي للتفسير الذي قدمه ارسطو عن طوفان دوكاليون Deucalion ، الذي اعتبره

بمثابة حادث محلي . وفي النهاية ان القول بالكارثية قلما استهوى علماء عصر النهضة .

الا ان بعض المحاولات قد جرت لمعرفة كنه البقايا المتحجرة . يقرن برنارد باليسي بعض الأنواع الحالية بالبقايا المتحجرة من التوتياء البحرية وبلح البحر . ويعتبر فابيو كولونا Fabio Colona ان النو المتحجر هي اسنان القرش . وبدون أي إثبات اعتبرت العظام المتحجرة للعمالقة التوراتيين أو التاريخيين كبقايا عزاها القرن الثامن عشر الى فيلة اوماموث mamouths . وفي سنة 1610 وسنة 1620 أثار اكتشاف بقايا عظام الملك « تيتو بوخوس Teuto bochus » نقاشاً حاداً حول هذا الموضوع . ولكن النقابة (وهي محارة متحجرة بشكل النشاب) تظل حجر الصاعقة او « اللانكوريوم » او بول اللنكس (Lynx) او الوشق (هركبير بري له عينان نفاذتان) المتحجر ، وغيره الكثير من المتحجرات تبقى العابا من العاب الطبيعة . والالهام الأكثر اثارة في هذا المجال هو من غير شك الهام برنارد باليسي الذي لم يتردد بالتعرف ، بين المتحجرات على عدد كبير من الأنواع الزائلة « اسماك . . »ضاعت بذورها ولا نعرف كيف نسميها اليوم . الا ان طبيعتها لا يرقى اليها الشك ، لأن هذه الأشكال لا يمكن ان تتكون اطلاقاً الا اذا تشكلت من اشياء حية . الا ان جسنر Gesner بالذات لم يجرؤ على اعطاء تفسير بمثل هذا الشمول ، رغم انه قدم وصفاً دقيقاً للمتحجرات مقروناً بالصور . وذلك في كتابه « ريروم فوسيلوم . . . 1565 Rerum Fossilum »

الينابيع والمياه الجارية : يبقى ان نعرف من أين تأتي هذه المياه التي يحول جريانها تضاريس الأرض . وقد عمل الجهل العام بقوانين الايدروستاتيك وكذلك الصفة البدائية والسحرية السرية للماء . . . يعتبر في اكثر الأحيان أم كل الأشياء ، على بقاء الأفكار القديمة جداً . من المقبول القول بأن الماء ينفجر عفوياً من اعماق الأرض ، وانه اليها يعود . ومثل هذا التفجر هو الذي يغذي برأي بيار بيلون Pierre Belon البحر الأسود الذي يتدفق باستمرار نحو البحر المتوسط . اما سكاليجر فيقدم تفسيراً فيزيائياً للظاهرة فالماء مضغوط في التجاويف الباطنية بفعل ثقل الأرض والصخور فينفجر نحو السطح ، اما مباشرة في باطن البحار واما في الينابيع والبحيرات والعيون التي يوجد بعضها في ذرى الجبال . وهكذا يعارض سكاليجر Scaliger رأي كاردان Cardan الذي يرى ان الماء هو حصيلة تنقل الهواء في باطن الأرض وعن ذلك ينتج المطر والثلج . وكان هذا هو رأي ارسطو Aristote ويستخدمه كاردان ، مثل أرسطو ، ليفسر فيضانات النيل الدورية . فيرد سكاليجر بأنه لا توجد ثلوج في اثيوبيا .

ويبدو أن فكرة الدورة الباطنية الضخمة المنبثقة عن البحر والعائدة اليه مقبولة ومنتشرة وقد قدم عنها الأب كرشر Kircher ، في منتصف القرن السابع عشر نظاماً مثالياً في رسمة فخمة فيها تحل فرضية النار المركزية محل الضغط الذي ابتكره سكاليجر . النار تطرد الماء الى اعالي الجبال . ولكن الصعوبة كانت في معرفة السبب الذي يجعل المياه الآتية من البحر تتدفق بشكل مياه عذبة . وقد نسي سكاليجر الانهار الباطنية التي تكلم عنها ففسر ذلك بأن الأرض تلعب دور المصفاة وتحتفظ بالملح البحري . وهنا أيضاً يقدم برنارد باليسي Bernard Palissy الحل الصحيح :

يتبخر الماء من البحر ومن الأراضي الرطبة ويشكل انواء تعود فتنزل بشكل امطار . اما الدليل على ذلك فمقبول تماماً : يعترض باليسي على فرضية مجاري المياه الباطنية التي تصعد من البحر الى الينابيع فيقول ان هذه التيارات غير محتواة ضمن قنواة مضبوطة وعازلة ، عندها يخرج الماء من اقرب ثقب يجدْ. واذا اعترض عليه هو ايضاً بدوره بأن مياه المطر بحسب نظامه ، الآتية من البحر يجب ان تكون مالحة فيجيب بمثل بحرات الملاحات : « هكذا اجد ان الأنواء المرتفعة من مياه البحار ليست مالحة . لأنه اذا كانت الشمس والهواء تشلف الماء المالح من البحر لاستحال تكوين الملح». وكل هذا يرتكز على واقعية فيزيائية ملحوظة خاصة وان باليسي يكون عن الماء فكرة معقدة جداً. ونضيف ان باليسي فهم جيداً ان مياه الأمطار تترشح من خلال قشرات شفافة تسريبية ثم تترسب فوق قعر صخري او صلصالي . وقد فهم ايضاً بصورة جيدة وجود المستنقع الجوفي وسبب تغير مستواه . وتلعب المياه الحارة دوراً كبيراً في العلاج الصحي في القرن السادس عشر خاصة عند الأطباء من ذوي الميول المتعصبة للكيمياء . الذين يرون ان هذه المياه تستطيع اعطاء المريض مواد مصنوعة مباشرة من قبل في مختبرات داخلية باطنية . ومن هؤلاء باراسلس Paracelse وغيره ممن لا ينتمون الى مدرسته .

وكثرت الملاحظات والنظريات حول طبيعة المياه وتركيبها . ويوجد في بعض الأماكن من جبال الألب والبيغور Bigorre مياه ضارة ،تولد الغدة الدرقية .وقد أشار اليها بلتييه Peletier وباليسي Palissy وبالمقابل هناك مياه شافية ، بفضل الأجزاء التي تذيب او بفضل حرارتها ، التي يطلب البشر جميعا ، منذ أقدم العصور ـ شفاء امراضهم بواسطتها ـ

ويرى باليسي ان هذه المياه الحارة ، « تسخن بنار باطنية من الكبريت والفحم الحجري ، والتراب والزفت » الذي تشعله ، ربما ، شرارة تنقدح عن زحف « حجر صواني » . والقار كما يقول اغريكولا Agricola أيضاً . وكان العياديون الأوائل والأيدرولوجيون يطلبون من تحليل المياه (تقطير وتركيز وتبخير ودراسة وتذويب الرواسب) معرفة سر خصائصها . وهكذا تصرف غونتيه داندرناخ Gontier d'Andernach ، وكذلك تصرف ليونهارد تارنيسر Leonhardt Thurneisser في كتابه بيزون Pison سنة 1572 . وكذلك أيضاً باراسلس الذي وزع الأجسام والأمراض بحسب المبادىء الثلاثة الأولى: زئبق وكبريت وملح ثم اسند الى هذه العوامل الخصائص الحرارية المائية . أمّا باري Paré فهو انتقائي أكثر فميز بين الحمامات : كبريتية وألمينية Alumineux وقارية ونحاسية وحديدية ورصاصية وجيبسية . ومنجم الحديد هو الذي يعطي خاصيته لمياه سبا Spa . والملح المشترك هو الذي يشحذ مياه بعض الآبار في اللورين Lorraine في منطقة البيارن ، ولكن الزيوت والأملاح مثل الفيتريول والكبريتات والشبّ قد تجعلها مضرة (باليسي وبلتييه) .

وعمل العلم والدعاية على انشاء مراجع لهذه الينابيع الصحية بقلم ميشال سافونارول Michele Savonarole (اومنيبوس مانـدي بالني Omnibus mundi balneis بولونيا 1493)وبقلم ريماكلوس فـوش Remaclus Fuchs مـن ليـاج (استـوريا امنيـوم اكواروم Historia omniun aquarum

باريس 1542) ، وجسنر Gesner (بالنيز balneis 1553) ، وفالوبيو Fallopio (ترماليباس Thermalibus . . . البندقية 1564) ، ومارتان رولان Martin Ruland (ايدرياتيس Hydriatice 1568) ، واندريا باكثي Andria Bacci طبيب سيكست كانت Sixte Quint سي (ترميليري Thermislibri ، البندقية 1571) .

واخذ الزبائن يؤمون هذه المناجع التي مهد لها الغاليون (بلومبير Plombières ولوكسي Luxeuil) والرومان . ويدلنا البير دورر Albert Dürer في اكس لاشابيل Aix - la chapelle على السابحين وهم يخرجون من البرك على اصوات الموسيقى . واجتذبت كارلسباد Carlsbad جرحى الحرب . اما الفرنسيون في القرن السادس عشر فكانوا يذهبون الى بوغ ، وإله الغاليين القديم للينابيع الصحية ، بورفو Borvo ما يزال يغطي برعايته بوربون دارشو مبولت وبوربون لانسي وبوربون . وفي جنوب فرنسا توجد بالاروك Balaruc وباريج Barèges . وكان هنري الثاني في نافار Henri II de Navarre قد طلب مياه أوبون Eeaux -Bonnes ان تُلْئِم جراحه في بافي Pavie . اما مارغريت دي نافار Marguerite de Navarre فاستحمت بمياه كوتيري Cauterets سنة 1546 - 1547 . اما منتجعات أوروبا فقد وجدت في ميشال دومونتاني Michel de Montaigne زائراً مُلحّاً إنما خائباً . أما بقية الينابيع الأخرى فليست إلا مجتذباً للفضوليين . يقول بيلون ان الماء في بعض الأماكن يغور ويتحول الى حجر . من ذلك مثلاً نبع سان الير Saint-Allyre في كليرمون والذي زاره الملك شارل التاسع وقد ذكره بلفوري في كتابه المسمى كوسموغرافي أونيفرسل (1575) .

علم المعادن : ان علماءنا غير مستقرين فيما يتعلق بالحدود القائمة بين الممالك الثلاثة في الطبيعة ، ذلك ان سلم الكائنات يقدم لترددهم كل الانتقالات المرجوة . فهم قد دونوا في المرجع المعدني منتوجات ذات افراز عضوي مثل اللآلىء ورسوبات باثولوجية مثل البيوزار ، وايضاً حيوانات مجهولة ، وقد صنف كاسيوس Caesius بين الأحجار المرجان التي صنفها انسيليوس Encelius كاثمار بحرية او كنبتة تجمدت . وبالنسبة الى انسيليوس ذاته يعتبر الأسفنج كائنا وسطاً نصفه حيوان ونصفه نبات . وهناك التباسات اخرى فيما يتعلق بالمجال النباتي . كالبخور والكافور اللذين يصنفهما كاسيوس من بين العصائر المحددة . اما الكهرمان الأصفر وهو نوع من البطم الخارج من الينابيع الخفية والمتجمد بفعل برودة ماء البحر والذي تقذفه الأمواج على الشاطىء . يقول بيلون Belon : « يجب ان لا نطمئن الى تسميات الأشياء المسماة من قبل العامة ، اذا لم تكن التسمية منطبقة على الأوصاف التي وضعها الأقدمون» . ولكن للأسف قد تكون هذه الأوصاف في بعض الأحيان مختصرة للغاية وتكون المصادر من ابشع ما يكون تشتتا . وهناك مصادر اغريقية ولاتينية (وقد استمد رابليه الفرنسي معلوماته حول المعادن من بلين) وهناك مراجع عبرية وعربية مأخوذة من قانون ابن سينا او من الخيميائيين . والكل منقول ومدون في المراجع الوسيطية (المشكوك بامرها) (عن لابيدير Lapidaire ارسطو باللاتينية وهو مزور) او في المجموعات الكبرى مثل مجموعة ايزيدور ، ومجموعة البير الكبير ومجموعة فانسان دي بوفيه Vincent de Beauvais وغيرهم . وبالتالي فان هذه المراجع فيها اخطاء كبيرة في القراءة وفي الترجمة كما فيها معانٍ متناقضة .

ان التصنيف يوقع في الابهام مع اضافة الى التسميات المتنوعة : عبرانية (سردوان من سارد أي أحمر)؛ وعربية (تينكار=بورات الصود؛ قدمية=كادمي، تالك= تالك)، وفارسي مُعرب (بوراه، عربي بوراغ = بوراكس، لازورد = لازوليت) . هذا دون الاشارة الى الاستعارات من اللغة الأغريقية اللاتينية الكلاسيكية ذات الاستلهام الأسطوري (أيتيت) والجغرافي؛ الموروفولوجي (مورفولوجيا او علم التشكل) . . . حتى ان كلمة بازالت مشتقة من اللغة الحبشية .

ضمن هذه الخلائط الصوتية من السهل الضياع . واذا ظل الشراح حائرين ، فان كل مستعير من الكلمات القديمة يطبقها على هواه . وكلمة بازالت ، وهو اسم اطلقه اغريكولا Agricola على الصخور السوداء البركانية ، الموشورية في منطقة الساكس Saxe ربما ليس هو الاسم المأخوذ عن بلين (Pline) .

وبعد المشكلة اللغوية تطرح مشكلة التصنيف . فبعد التخلي عن التصنيف الأبجدي ، في نظام الأسماء اللاتينية ، عاد المعنيون الى أُطر نظام المشاهدة العينية والنظام التجريبي اللذين وضعهما ارسطو Aristote وتيوفراسط Théophraste : المتحجرات ، المعتبرة من اصل ارضي ، والمعدنية ، المفترضة كذلك لأنها قابلة للذوبان ، من منشأ مائي ، رسيمة عاد اليها بلين الذي يميز بين المعادن والتربة والأحجار والجوهر . واستعمل انسليوس Encelius التقسيمات الفرعية المشابهة ، وكذلك آغريكولا الذي ميز بين متحجرات ومعادن . والمتحجرات تارة تكون غير متبلرة ،لا شكل لها ، سهلة التفتت وغير متماسكة (التراب) ، ومرة متماسكة (كالصخور) ، اما ضخمة او مركزة (كالعروق والعقد) ، وطوراً متجمدة (متبلورة) او شفافة الى حدٍ ما (اشباه المعادن ، هيالين ، والجواهر) . يضاف اليها الكبريت والأملاح .

1 ـ التراب : يقول باليسي Palissy ان المحصولات المسماة « تربة » « هي مواد لا يمكن ان تتبخر أو تتسامى بفعل النار . ان هذه الكلمة تشمل قشرات غير متبلرة ومبتذلة ، اما منقولة ، او طرية قابلة للجرح كالطبشور او لزجة مثل الفخار والصلصال الأبيض ، ولكن هناك صلصالات اخرى ، رملية وخزفية وشاربة مبتلعة ، هذا دون ذكر تربة لمنوس Lemnos المسماة بالمدفوعة ، والتي تعتبر ترياقية ، ثم التربة القابضة الممسكة في ساموس Samos وشيو Chio ، والتربة الذروية Cimolée في جزيرة كريت ، ثم التربة اللزجة ampélitude التجميلية والقاتلة لدود العرائش .

2 ـ الصخور الضخمة : الصخور (ساكس ، انسليوس) ،اما ان تكون ورقية (الشيست) ، أو رملية (مثل الغريس ، ساندرستين ، انسليوس) ، او متماسكة كثيفة ، ولكن احياناً متعددة الصفائح (ويشير آغريكولا الى الأعمدة الباليسيتيكية في ميسني) ، أو زجاجية (الصوان ، ساكسوم ، كارنوتوم هورنستين عند انسليوس) .

3 ـ العروق والسلاسل الصخرية : ان العناصر المعدنية المختلفة : طبقات وعروق وسلاسل وخلائط او متبلرة ، تعزى ، برأي آغريكولا ، الى امتلاء الحفر القديمة ، المفتوحة بفعل تقبب الجبال او

الاندفاعات والهواطل الفيزيائية : كما يفهمها بلين وتيوفراست ، والتبخرات الحارة والناشفة ، او مستحدثة كما يقول بللو Belleau « بجفاف رطب ، ورطوبة جافة ، مطبوخة تكراراً بالحرارة أو مجمدة بالبرد » .

واثبات السبيل الرطب اللزج يقدمه لنا « انهيدر » (enhydre) الأقدمين وآغريكولا ، و« الحجر الباكي » لبللو. ويشدد باليسي على العنصر الأخير (التلزج ، التخثر ، التجمد) ويذكر « المياه التجمدية » التي تندفع وتيبس المواد التي كانت ذائبة في الأساس ، وهذا هو حال بلور الصخور وغيرها من الحجارة الشفافة ، كما ان الماء ينقلب الى جليد بفعل التجليد.

ومن بلور الصخر يذكر أنسليوس Encelius ، الموشورات ذات السطوح الثلاثة او الستة . ويذكر باليسي Palissy مربع الزوايا والاهرام والمثمن ، وقد رأى على اردواز الآردين البيريت (كبريت الحديد) والماركاسيت اللماع بشكل كشتبان أو بشكل مربع » ، وفي مقالع مونمارتر كان الجفصين يتشقق الى صفائح « رقيقة كصفائح الورق ، . . . وبصفاء الزجاج » . ولكن أحداً لم يفكر أن يحدد نوعية هذه البلورات جيومترياً .

4 ـ الأملاح : ان التمييز النوعي صعب كما سنرى. نذكر ان كلورير الصوديوم معروف منذ القديم بشكلين : الملح البحري وملح المناجم مثل مناجم بولونيا ، بالزبورغ وستاسفورت . وقد تكلم عنه آغريكولا وباليسي كثيراً .

أما « النطرون» فهو اسم مبهم عند القدماء. ويدل عند بلين Pline على اوكسيدات ملحية مركبة ومعقدة نوعاً ما ، وفيه يسيطر كربونات الصود ، وينطبق ، كما يقول آغريكولا Agricola والدروفاندي Aldrovandi على الأملاح المترسبة في مغاورنا (نترات البوتاس) . ويطبق بيلون Belon اسم النيتر على النطرون (كاربونات الصود) وقد شاهد فورانهُ وتزهره بين القاهرة والقدس . وتمشياً مع الأقدمين يخلط آغريكولا النطرون مع البوراكس (تنكر ابن سينا ، كزيزوسيل ، اوكتورم) .

5 ـ الجامات Les Gemmes : الكتابات عن الجامات كثيرة . ولكن تحديد ماهياتها يبدو احياناً صعباً . وقد اخذ رابليه Rabelais عن بلين عن المجوهرات التي كانت تتزيا بهاراهبات تلميت. وعن فضيلتهن نظم ماربود Marbode شعراً في القرن II . كما أن جيل كوروزت Gilles Corrozet يذكرهن في « بلازون دومستيك » (1539) ، وجان لاتاي Jean de La Taille في « بلازون دي بيار برسيوز» (واجهة الأحجار الكريمة) (1572) ، وريمي بللو Remy Belleau في قصيدته« آمور وايشانج دي بيار برسيورز » « حب وتبادل الأحجار الكريمة » (1576) . هذه الفضائل الكامنة لم تكن موضع شك . ويؤكد كامبنيلا Campanella ان المرجان (الأحمر) يتغير لونه فوق جلد محموم ، ويضيف بللو ، ان الفيروز (الأزرق) يتغير لونه ويشحب فوق جسد مريض .

6 ـ المعادن وهندستها : اشرنا الى الدور المسند الى الكواكب في «هندسة المعادن » «métallogénie» ، والمؤكد «بالتسمية الحروفية الخيميائية » التي تعزو الذهب الى الشمس ، والفضة

الى القمر والرصاص الأبيض (القصدير) إلى (جوبيتر) المشتري والرصاص الأسود الى زحل والنحاس الى (فينوس) الزهرة ،والحديد الى (مارس) المريخ ،والفضة الحية (الزئبق) الى عطارد مركور . ثم انه يجب التمييز والتفريق . فقد وزع باراسلس ودوشن Duchesne المعادن الى طبقتين : الكاملة مثل الذهب والفضة ، والناقصة كالحديد والنحاس والرصاص والقصدير واليها اضاف باليسي الانتيموان اذ يعتبره « بداية الرصاص والفضة » . وهذان هما ، بحسب اقوال الخيميائيين ، مشوهان بمزيج من الكبريت والزئبق وبنسبٍ تتنوع بتنوع الأجناس ، والتي يجب ابعاد الكبريت عنها حتى يعود لها كمالها .

ويرد ج اوبرت J. Aubert بأنه لا توجد معادن كاملة او غير كاملة . فكل معدن يتوفر له شكله او كماله الأول يعتبر كاملاً في ذاته وهو يحتل نمطاً جوهرياً اراده الله له وليس لأحد ان يغيره .

هذه الحجج المدرسية لم تقنع لادوشن Duchesne ولا هوتمان Hotman ، في حين استمر أغريكولا في الشك بامكانيات الكريزوبة (Chrysopée). وهكذا نجد انفسنا مرتدين الى العقلانية الأرسطية، التي زكاها البير الكبير Albert le Grand وتوما الأكويني Thomas d'Aquin، فسعت الى اعادة تشكيل الكون في المجرد مهتمة فقط بالكيانات الفيزيائية والميكانيكية في المستوى الطبيعي : الممتلىء والفارغ ، الحركة والسكون ، الصفات الأربع (الحر والبارد والرطب والجاف) المردودة الى العناصر المكونة للعالم المادي : النار، الحر، الجفاف؛ الماء: بارد ورطب؛ الهواء: حار ورطب؛ والأرض باردة وناشفة . وبحسب أرسطو ، تتولد المعادن من الأرض بفعل التبخرات الجافة والرطبة ، تحت تأثير الحركة ونور السماء. الا ان البير الكبير ينكر تماماً فعل البرد. ولكن ج .اوبير يعلن ان السبب الأقرب هو اما الحرارة او البرودة. والحرارة الباطنية تخرج أبخرة معدنية خاصة تتجمع في الفسوخ تحت تأثير البرد والزمن، بشكل مختلط يأخذ بالتكثف تدريجياً ، ويتصفى ويتركز اخيراً كمعدن .

لم يكن كل شيءٍ خيالياً في هذا الكلام ، فأصحابه كانوا يفسرون الظاهرات الفيزيائية والكيمياثية بلغة وبلعثمة تجربتهم المتلمسة . أما الأرواح عندهم فلم تكن غير الأبخرة المعدنية للنظام الغازي المتصاعد من البراكين ، أو أبخرة المياه المحيطية . قال ليبنز Leibniz « ان جيل أشباه المعادن توضحه الكيمياء » في كتابه ، بروتجي Protégée . ولكن الكيمياء يومها لم تكن إلا في بداياتها . أما فضيلة العصا الدلالة ، والتي ما يزال المفتشون عن الماء يستعملونها في أيامنا ، فربما توافقت مع علم مسبق بوسائلنا الاستكشافية الجيوفيزيائية . ان القوى الخفية في الطبيعة والتي كانت غير مفسرة ، ألم تعبر عن نفسها بعناد البوصلة في الاشارة الى الشمال ، وبالجذب الذي يحدثه المغناطيس في الحديد ، وفي الكهرمان والعنبر المحكوكين على الجاف وفي القش ؟

التقنيات المنجمية والزراعية ـ أدى استثمار المقالع والمناجم الى ازدهار أدب كامل تقني وتعديني: في إيطاليا، صدر كتاب بيروتكنيكا (Pirotechnica) لمؤلفه فانوكيوبيرنغوشيو (Vannocio Biringuccio) من «سيِّنا» (1540) .

في اسبانيا كُتُب د. بيريز دو فارغا Perez de Varga (De re metallica 1569، دو فيللافينا 1572) في ألمانيا : كُتُبُ ليبافيوس (Libavius) ، وويز (Weiner) وماتيزيوس (Mathesius) ، المشوبة بالخيمياء ؛ وكُتُبُ انسليوس (Encelius) (ري متاليكا) (1551) ، وكتاب لازاريوس اركر Ercker (1573) ، الذي اهتم بالتعدين وبالتحليل الكيميائي لاشباه المعادن . ولكن المعلم الكبير هو اغريكولا ، صاحب الكتاب العملي أولاً ، الدال على فن اكتشاف وسبر وقياس القشرات المعدنية (وهو يقول باستعمال البوصلة ، ولكنه شكَّ في قدرة الشعبة أو العصا الاستكشافية) . ولكن هذه الكتب ، الأكثر تخصصاً من مجموعات جسنر (Gesner) أو الدروفاندي (Aldrovandi) ، انما باللاتينية ، موجهة للتقنيين . ويجب أيضاً الالتفات الى المقاولين البسطاء الذين كانوا بحاجة الى كتب أسهل تناولاً مكتوبة بلغتهم الوطنية . وهنا يذكر «البرغبوكلين » (Bergbuchleiun) لأوغسبورغ (1505) ، المؤلف في فريبرغ من قبل أولريخ فون كالب (Ulrich von Kalbe) (كالبوس) . وهناك ترجمة أولى لكتاب (ري ميتاليكا) لأغريكولا ، ظهرت في بال سنة 1557 . أما باليسي ، فقدم بالفرنسية ، ولسبب بديهي ، نتائج أعماله ، « كعامل في الأرض » « وكمخترع خزفيات ريفية » .

وفي أغلب الاحيان كانت المجاعة ، المنبثقة عن الحروب وعن عوامل الطبيعة ، تفاقم هم الخبز اليومي . وعكف مجددو علم الزراعة ، مع اوليفي دي سر (Olivier de Serres) على « العناية بالحقول » . فميزوا ، مثل ش. اتيان وج ليبولت (G.Liébault et Ch.Estienne)، بين أنواع الاراضي الصالحة لمختلف الزراعات ، وفتشوا عن الوسائل لتحسين الانتاجية . وبانتظار الاستصلاح بالكلس ، كانوا يمارسون التتريب الذي قال به باليسي واوليفي دي سر .

علم غير أكيد ـ ان علوم الارض ، كانت موزعة بين البحوث العامة حول نظام العالم ، وبين الطب والكيمياء ، وفن التعدين والزراعة ، ولهذا لم تستطع اكتشاف هدفها ولا أساليبها . ان كل تراث ، يقدم عاداته الفكرية ، والاجماع يتم بسهولة اكبر في المعتقدات غير المعقولة اكثر مما يتم من خلال المعارف الوضعية . وليس بعيداً عهد أمثال كوبولتس (Kobolts) ونيكلس (Nickles)، الشياطين المألوفة في المناجم، والتي يبدو ان اغريكولا قد قبل بوجودها ، ولا القول بوجود قوى خفية تعمل في المختبرات الباطنية في الطبيعة . والواقع انه وراء التيارات الرئيسية التي تتصادم : أرسطية وكيميائية وفيزيائية ، ثم الاتفاق من اجل البحث عن الاسباب القائمة : فبالنسبة الى كل علماء القرن السادس عشر ، كانت الطبيعة دائماً هي الابداع . وهذه القناعة اتاحت التوصل الى ملاحظات عظيمة خاصة في مجال الظاهرات الفيزيائية . فبعد النظريات حول نشأة الكون (كوسموغوني) التي سادت في القرن السابع عشر ، وحتى بعد انجازات ستنون Sténon، اكتشف علماء القرن 18 باندهاش المؤلفات المنسية لبرنارد باليسي Bernard Palissy .

الفصل الثاني :
الكيمياء

I ـ التطبيق والنظرية الموروثان عن القرون الوسطى

لقـد جذبت اللغـة البسيطة في كتب الخيميـاء ، كثيراً فضـول المؤرخين اكثر ممـا جـذبهم المضمون التقني لهذه النصوص . وعلى هذا فالكيمياء من القرون الاولى ظلت في نظر الكثيـرين العلم السباجيري للكتاب الصوفيين. وتكون عنها جدول من التصورات الغامضة البعيدة كل البعـد عن الظاهرات المحددة التي ولدتها . وتجمدت نظرية العناصر الاساسية ونظرية المبادىء النوعيـة امام خرافة التطور الاستكمـالي للمعادن . وغـزرت المعجمية الـرمزيـة على حساب تحليـل دقيق للمعارف الكيميائية الحقة في ذلك الزمن .

لا شك أنه لا يجدر بنا أن نلغي من تاريخ الكيمياء هذا النزوع الصوفي الروحاني الذي عاش في ظله كيميائيو القرن الخامس عشر والسادس عشر . وتأثير هذه النزعة بـدا محسوس الوطأة حتى أواخر القرن الثامن عشر . ولكن ومن اجـل الحصول على فكـرة اكثر وضـوحاً عن كيفيـة صيرورة الكيمياء علماً حقاً ، من اللازم ان نحاول تحديد ماهية المعارف المعينة في كل حقبة. والرسمة التي يمكن ان نضعها عن الكيمياء في منتصف القرن الخامس عشر لا تختلف كثيراً عن رسمـة القرون الوسطى لان هذه المعارف ظلت تقريباً جامدة .

اكتساب المعارف عن طريق الممارسة والتطبيق ـ بخـلاف رأي عام مقبـول ، لم يكن الخيميائيون العقائديون هم الذين وضعوا الاسس الاولى للكيمياء بل التطبيقيون .

ومهما صعدنا في الزمن فلا يمكننا أن نجد حقبة لم تتملك تطبيقاً راسخاً لمختلف الاساليب التقليدية . لا شك أن أول تفاعل كيميائي استحدث اصطناعياً من قبل الناس كان التأكسد، والثاني تحويل الاوكسيد المعدني. الا ان العديد من عمليات معالجة الاجسام العضوية كـان معروفـاً مثل تخمير الحليب او المستخرجات النباتية ، ومثل اعداد الخل واستعماله .

وعلى هذا، وقبل بدء الحقبة التاريخية بزمن بعيد، كانت هناك تطبيقات بدائية لصناعة كيميائية ، موجودة. وما زالت هذه التطبيقات تتطور، في العدد اولاً . فقد كانت التخميرات تستعمل من اجل

اعداد الاطعمة والاشربة وكان الإفساد والتعفن يساعد على استكمال تعرية جلود الحيوانات ، وفيما بعد ساعد التعفن على تعطين الخيوط النسيجية من اجل الحصول على احد اقْدم المركبات الكيميائية المعروفة وهو ملح الامونياك . وكانت المعالجات التي أدت، على مَهل الى وضع وسائل الكيمياء العضوية قد استعملت في بادىء الامر لاستخراج الملونات والعطورات النباتية

لا شك أن تشكيلة الملونات قد تكونت ، قبل استخدام المنتوجات النباتية ، بفضل مواد شبه معدنية اخذت من الارض . إذ حتى في أيام الانسان النياندرتالي كانت كتل اوكسيد المنغانيز قد استخرجت من مواطنها وحُفَتْ من أجل الحصول على مادة ملونة . وقد عثر علماء الاثار ايضاً على هياكل بشرية ملونة بالاحمر تعود الى عصر السولوتريان والى عصر المكداليينيان مما يدل أنه منذ عصر الرنّة كان استعمال الملونات شبه المعدنية معروفاً . وقد استخدمت كل هذه السلع من قبل الفنانين الذين زينوا جدران المغاور واستعملت ايضاً من قبل الصناع الذين اخذوا بعد ذلك بقليل يصبغون نسيج الالبسة . وبمقدار ما ترسخت صناعة النسيج على سطح العالم المسكون ، نعلم الناس على تمييز ثم على اخذ التربة الملونة من ارضهم ، أي أنهم اخترعوا الوسائل الاولى لفصل المركبات الطبيعية . وامتدت معارفهم ايضاً الى منتوجات خارج بلدهم مثل حجر الشّب الذي أصبح موضوع تجارة ناشطة . وربما كانت تجارة الملونات النباتية وشبه المعدنية ومشتقاتها هي التي ساعدت اكثر من غيرها على توحيد المعارف الكيميائية لدى مختلف مجموعات السكان .

وأدت صناعات النار ، التعدين من جهة ، والسيراميك من جهة أخرى الى دراسة تركيبة اشباه المعادن والارض . ونتج عن ذلك أن المواد الاولية قد انتشرت بشكل واسع فوق سطح الارض ولم تكن القيمة التجارية لاغلب هذه المواد تكفي لتغطية نفقات النقل البعيد. فتربة القصدير والزئبق التي كانت مناجمها معروفة ومحددة كانت وحدها تشكل منذ العصور القديمة موضوع تجارة مهمة ، ومعها انتشرت في العالم المتمدن كبريتات الانتيموان والزرنيخ التي ذاع صيتها بسرعة.

وكانت كبريتات المعادن من بين كل المركبات شبه المعدنية الاكثر استخداماً ودرساً حتى يمكن القول انه حتى القرن الخامس عشر كان علم الكيمياء بصورة اساسية كيمياءً كبريتية .

نقل المعارف ـ كانت الكبريتات والاوكسيد والسلفات المعدنية وبعض الاملاح القلوية والكربونات والكلورورونيترات هي الاجسام التي تعلم بها البشر بدايات الكيمياء . وتكون عبر العديد من أجيال الصناع والشغيلة تراث سرعان ما انتقل شفوياً ، ثم ثبت كتابةً ربما في مطالع القرون الاولى من عصرنا. ووصلت النصوص، التي اضاف اليها الشراح والجامعون والمترجمون، الى معارف العالم الغربي ابتداءً من القرن الرابع عشر .واغلب هذه الكتب هي معالجات تقنية حول الصباغ والصياغة. وكلها تقريباً محكومة بالفكر الخيميائي حتى ولو لم تكتب باللغة الباطنية التي هي واجهة الخيمياء الصلبة . ولا تتدخل اللغة الرمزية الا في وصفات الاعمال الكبرى. وما عداها توصف الوسائل العادية للصباغة مثلاً بلغة عادية . الا ان اسلوب هذه الكتب يدهش القارىء غير الواعي

ويضلله. فالتعبير غامض بالطبع . واذا كان المؤلف موزعاً بين الرغبة بالظهور بمظهر العالم، والخشية من افشاء اسرار تقنيه ، فانه يبقى رغم ذلك اقل ضيقاً من الخيميائي الذي يحاول ان يغطي جهله بالاسرار الاسطورية وبلغة غامضة مقصودة .

ومن المفيد ان نشير الى ان استعمال الاشارات الخيميائية قلما ذهب الى ابعد من القرن الخامس عشر وانه لم ينتشر ويشيع الا على يد الكيميائين من القرن السادس عشر الذين كتبوا باللاتينية. كان الاغريق قد استعملوا بعض اشارات مأخوذة عن الكواكب للتدليل على المعادن، الا ان العرب تركوا هذا الاسلوب الذي عاد وظهر بصورة تدريجية في مخطوطات القرن الثالث عشر والرابع عشر باللاتينية .

تدخل الخيميائين ـ ما كانت الاحتياجات التقنية للصباغة وللتعدين ، تكفي وحدها لجعل المعارف المكتسبة حتى القرن الخامس عشر ، مجملاً مهماً. فهذه الاحتياجات ، لم تكن تقتضي الا عدداً محدداً من الوسائل التي لم يعمل التطور البطيء والعام للصناعة على اكمالها أو تكاثرها . واستخدام الكبريتات والاوكسيد المعدني لمعالجة المعادن لم يكن ليثير الملاحظات الكثيرة حول خصائص المركبات وتفاعلاتها المتبادلة . واعداد الملونات لم يكن يحمل على التجربة العميقة التي تتجاوز عمليات الاستخراج والطحن والتركيز فيما يتعلق بالملونات النباتية . وربما أدى استعمال الأكّالات الى العمل على مراقبة خصائص الشبّه . وهذا الاستعمال جعل المعالجة بالفيتريول مألوفة وجرّ الى استحضار الحوامض حوالي القرن الـ12 أو القرن 14 .

وفي الواقع اذا كانت معرفة الاجسام وتفاعلاتها قد نمت في اواخر الحقبة الوسيطية فذلك لان الخيميائين استهدفوا مقاصد أخرى غير صناعة الملونات والمعادن . انما يجدر أيضاً أن لا يعطى الحلم التقليدي في تحويل المعادن الوضعية الى ذهب تأثيراً بالغاً في عملية التنمية هذه . فالفلسفة الصوفية الروحانية حول المادة التي ترافق وصفات حجر الفلاسفة بدت متطورة خصوصاً في حقبة كانت فيها الخيمياء التقليدية قد تخلفت . وفي الواقع لم تلعب هذه الفلسفة اي دور تاريخي في صنع علم الكيمياء .

المذهّبون والصاغة ـ لقد كانت اكثر اهمية بكثير الاساليبُ الحرفيةُ لدى المذهبين والصاغة ، اساليب تشكل جوهر الوصفات الخيميائية . فقد لعب الذهب ومزائجه دوراً عالي القيمة منذ أقدم العصور. كما دلت اسماء كثيرة على المزائج الذهبية والفضية التي كان تحضيرها مدوناً في المجاميع التي وضعها مؤلفون في القرون الوسطى . وتدل هذه الوصفات على أن هدف هذه العمليات لم يكن تحويل هذه المعادن الى ذهب ، بل اعطاء المزيج المعدني المحروم من الذهب، او الذي فيه معيار قليل منه ، مظهر المعدن الثمين وذلك باستعمال النحاس والكبريتات الزرنيخية والاوكسيدات الملونة .

وفي مطلع العهد الاسكندري عرف الكيميائيون والصاغة عدة اساليب لتحليل الخلائط أو المزائج الذهبية والمعادن المختلفة مثل الفضة والنحاس والرصاص . وكانت التنقية تُقْرَن باستعمال

الكبريت ، والسولفورات المعدنية والاملاح المتنوعة. والى هذا التاريخ تعود ايضاً الطرق الاولى لتمويه الذهب. وسرعان ما طورت هذه الطرق، وفي حوالي القرن السادس من عصرنا كانت مجموعة الوصفات التي قرأها الكيميائيون من جيل باراسلس (Paracelese)، مكتملة، وكانت المواد الحاصلة في أغلب الاحيان من سولفورات الزرنيخ ، وكانت تسميتها « تذهيب » أو « تلوين بالذهب » تدل على باعث الاهتمام بها .

كيمياء التذهيب ـ كانت مركبات الزرنيخ قد وضعت بيسر في صميم هذه الكيمياء التذهيبية ، بفضل عدم استقرارها الذي يجعلها سهلة التفكيك ، سهلة الاعداد ، فضلاً عن تنوع مظهرها بحسب ظروف تحضيرها . وكانت تعرف باسماء متنوعة ، فالى جانب « التذهيب » كانت التعابير الاكثر تداولاً : الزرنيخ الاحمر ، والسندراك = (صمغ السندروس)، والزعفران ، كلها تدل على سولفور اصفر أو احمر منه يستخرج الزرنيخ المعدني . ومنذ القرن الخامس كانت مستحضرات الاكسدة بالزرنيخ معروفة . وكانت كلمة زرنيخ بالذات تدل على مستحضرات التحميض، وعلى اوكسيدات الزرنيخ واملاحه . اما الزرنيخ المعدني، فقد كان يعتبر، حتى في عصر قريب نسبياً ، « زئبقاً » .

هذا التقريب يجب ان لا يؤول فقط وكأنه لَبْسٌ بين الجسمين . فبعض الاجسام قد شُبِّهت بغيرها الى الحين الذي تمَّ فيه عزلها وتحديد ماهيتها بشكل نهائي . وهذا هو حال الانتيموان الذي لم تتحدد ماهيته الا في اواخر القرن 14 . أما الزرنيخ والزئبق ، فقد تمَّ التمييز بينهما باكراً . وتمت تسمية احدهما بالاخر ، بسبب ما بينهما من خصائص مشتركة ، وبصورة خاصة ، تفككية المركبات الكبريتية او المؤكسجنة من الجسمين ، وسوف نعود الى هذه النقطة . ورغم هذه الغموضية في التعابير فان كيميائيي ذلك العصر كانوا يعرفون تماماً مع أي جسم يتعاملون. فقد كان التعامل يدلهم بوضوح .

وقد لعب « الزئبق » ـ وهو المعدن الذي نسميه بهذا الاسم اليوم ـ دوراً كبيراً في كل كيمياء تلوينية . فقد كان معروفاً منذ العصور الرومانية ، بشكله الاولي او بحالة تربة كبريتية .

هذه التربة ، السهلة التحويل ، ساعدت على اعداد الزئبق المعدني ، الذي أصبح صناعة مجدية . ومنذ القرن الخامس من عصرنا ، كان بالامكان اعداد « الاحمر الزئبقي » اصطناعياً ـ المسمى « بالقرمز » منذ تلك الحقبة ـ انطلاقاً من المعدن والكبريت . وقد استعمل اسم الاحمر الزئبقي (سينابر) واسم « مينيوم » ، في مخطوطات القرون الوسطى ، للدلالة على المركبات المعدنية ، والسولفور او الاوكسيد، ولكن في اغلب الوقت كان من الممكن التعرف على كبريتات الزئبق .

ويُفهم من هذا كيف ان تحويلات الزئبق بدت ، للمراقبين الاولين ، وكانها مفتاح بعض اسرار الطبيعة . فالتربة اذا حرقت افرزت المعدن الذي يتقطر . وبالعكس ، يتصاعد السينابر من خليط من الكبريت والزئبق بمجرد التسخين . ويتم الانتقال بهذا من مادة معدنية الى مركب احمر بمجرد التسخين المعتدل الطويل المدة. ويعمل التأكسد على كشف المعدن من جديد عن طريق التكلس . وقد أثارت

هذه التحولات ، تفسيرات بديعة حول طبيعة المعادن واوحت بوسائل تمكن من اعطائها الخصائص المرغوب باعطائها اياها . هذه الظاهرات التي كان من المفترض ان تستلفت انتباه الكيميائيين ، قد كشفت لهم ، من غير شك ، لا من قبل الخيميائيين ، بل من قبل منتجي المواد الملونة التي ما انفكت صناعتها تتطور .

تقنيات المزخرفين - في القرون الوسطى بحث الملونون والمزخرفون عن مواد تعطي الواناً جميلة ، وخاصة اللونين الازرق والذهبي ثابتين . وكانت الحجارة المكونة من خليط من الالومينيوم والسيليكات والصودا وسلفور الصودا ، والمعروفة عالمياً باسم لابيس لازولي، كانت تستخرج من فارس ثم من الصين . ولم يكن اعداد الازرق البحري بواسطة هذا الحجر معروفاً باوروبا الا في مطلع القرن الخامس عشر .

كانت هناك الوان زرقاء اخرى من السيلكات مثل الازرق المصري الذي كان يصنع في ايطاليا منذ عشرات القرون ، او من السمالتس المكون من الكوبالت الذي تكلم عنه سنينو سنيني Cennino cennini في النصف الأول من القرن الخامس عشر والذي كان يستخرج من ألمانيا أو من بلاد سيّيان أو تستخرج من مركبات النحاس

وتدخل أملاح النحاس في عدد كبير من الوصفات التذهيبية . وكان نحاس هذه المركبات ينقل بواسطة معادن اخرى تشتق من السلفور غير المستقر مثل ذلك عندما يسخن المزيج . وبهذه الطريقة أو غيرها من أشباهها كان يمكن اظهار لون اصفر أحمر يعزى الى تكون الذهب. وربما تم هذا التمويه من قبل صناع قليلي الوجدان لزبائن بسطاء . ان الملصقات المذهبة فوق اجمل المنمنمات هي رقائق ناعمة من الذهب تلصق فوق رقائق بعد تجهيز خاص أساسه الغراء أو البيض .

وكانت وصفات هذه الاصماغ تكثر في المخطوطات الوسيطية وفي كتب القرن 14 والقرن 15، وكانت تتجاور مع وصفات الزينات الذهبية التي كان يستعملها النساخ والرسامون والصاغة من أجل صنع اشياء ذات قيمة متدنية ، حيث كانت اوراق الذهب تستبدل باوراق من القصدير مدهونة بدهان من كبريتات الزرنيخ. ولم يكن الغش بعيداً عن هذا التصرف الذي سرعان ما تطور. وليس من الباطل الظن بان الخيمياء قد تولدت في معظمها عن هذه الاجراءات .

الملونات شبه المعدنية والملونات النباتية - استعمل الملونون والمزينون ، اضافة الى الالوان الزرقاء الطبيعية ، والألوان الذهبية الطبيعية ، ملونات اخرى شبه معدنية . فكانت الأصباغ الحمراء تأخذ من تربة ملونة بأكسيد الحديد أو من بور فير سينيني Porphyre de Cennini واغريكولا Agricola والتي سميت فيما بعد باسم احمر فانديك (Van Dyck). أما الاصباغ المسماة ايماتيت للدلالة على الملونات العادية فكانت قديمة جداً. والصلصال الأصفر هو أرض دلغامية تتضمن أكسيد الحديد. وتربة منطقة سيان هي صلصال ممزوج ببيواكسيد المنغانيز. أما الاخضر الملاشي فهو هيدروكاربونات النحاس . والاخضر اللازوردي ، الذي ذكره أيضاً سينيني هو تربة الكوبالت مخلوطة باملاح النحاس

والحديد والزنك . أما أبيض سان جان المشهور في اواخر القرون الوسطى فهو كربونات الكلس النقية المنشفة بالشمس. أما بياض الرصاص أو السروز (اسبيدج) فقد وردت وصفة إعداده في مخطوط اشوري وهي تشبه وصفة اعداده حتى ايامنا هذه : وذلك بتعريض لوائح الرصاص الى بخار الخل في اوعية محاطة بالدخان .

وتبدو لائحة الملونات المستخرجة من النباتات طويلة مثل لائحة الملونات شبه المعدنية . والمستخرجات من قشور الاشجار مثل الجوز أو الدردار وخشب البرازيل المعروف من قبل سينيني ، وجوز العفص ،وأصماغ الصنوبر والسرور والأرز، والصمغ الأحمر المعروف منذ عشرات القرون باسم دم التنين، وأصماغ الكرز واللوز وصمغ اللك ، هذه اللائحة تتضمن مستخرجات النباتات المستعملة قديماً مثل الزعفران والنيل (الانديغو) المستوردين من البلاد الشرقية والفوّة التي تمت زراعتها في غالية الفرنكية منذ القرن الخامس ، والباستل (العظلم) الذي كان يزرع بغزارة في بيكارديا ولانغدوغ منذ القرن الثاني عشر .

أما أفضل الالوان السوداء فكانت تحضر من الفحم الطري بمختلف الاساليب : سواد دخان الزيت الكتاني لاعداد الحبر. وسواد افران الزجاج للصباغ ،وفحم الخشب السرمانتي للسوادات الخفيفة .

الاجسام النبيلة في الكيمياء : المعادن - ان صناعة التعدين هي من أقدم الصناعات الكيميائية . والعديد من الكلمات تدل على اشباه المعادن وعلى الاكسيد والسلفور المعدنيين ، وبعض العمليات التعدينية كان لها في اواخر القرون الوسطى تاريخ طويل. وقد شكلت المعادن اول مجموعة من الاجسام الكيميائية باعتبارها طبقة خاصة ، وربما قياساً على ذلك قامت مجموعات تتميز عن غيرها. وهكذا ظهرت نواة التصنيف المنهجي الاولي .

اعتبرت المعادن دائماً الاجسام الانبل في الكيمياء . فمنذ العصور الاغريقية، كان هناك سبعة اعطيت اسماء الكواكب . فبعد المعدنين الكاملين الذهب والفضة اللذين احتفظا بهيبتهما حتى اواخر القرن الثامن عشر يأتي الحديد والزئبق والقصدير والنحاس والرصاص .

اما الزنك وان لم يعرف بوضوح فقد عرف منذ زمن بعيد . وكان يستعمل بشكل اوكسيد طبيعي او اصطناعي، باسم كادمي أو كلامين. واهم هذه الاستعمالات كان اعداد الشبهان. ويبدو انه قد عزل وحضر بشكله المعدني. وظل لمدة طويلة يعتبر حالة خاصة من معدن آخر ، وكان في اغلب الاحيان يعرف باسم الفضة الكاذبة، اما اسمه الحديث فقد اعطى له من قبل باراسيلس Paracelse .

أما الانتيموان وكبريته يسمى ستيبين فكان معروفاً من أبقراط وكان يستعمل من قبل الاقدمين كمادة مثبتة ، وقد تميز بوضوح واستقلال انطلاقاً من القرن السادس عشر. وأول وصف لهذا الجسم يعزى الى باسيل فالنتين (Basile valentin) ويعود تاريخه ، خطأ بدون شك، الى آواخر القرن الخامس

عشر. وهذا المؤلف المفترض يصف أهم مركبات الانتيمـوان. وهـو يتكلم عن المعدن تحت اسم «حثالة» الانتيمـوان، كجسم معروف قبله. أمـا البزمـوت فقد بُـدِىء بتحديـد ماهيتـه في نفس الحقبة تقريباً. وقد وصفه فالنتين واغريكولا (Agricola). ولكن نتيموان. والبزموت ظـلا لفترة يلتبس بينهما وبين الرصاص أو القصدير او الاثنين. وفي النصف الثاني من القرن السابع عشر صُنِفـا في فئة نصف المعادن مع الزنك ، والزرنيخ (الارسينك) الذي لم تحدد ماهيته الا في مطلع القـرن الثامن عشر.

كيمياء الاملاح ـ قبل الحصول على كل هذه المعارف كانت كل الاجسام تصنف، الى جانب المعادن، ومتناقضة معها، في مجموعة الاملاح. وهذه الفئة الواسعة، غير المحددة تماماً كانت تتضمن المركبات المعـروفة يـومئذ والتي نعـرفها نحن بـاسم الاملاح مثـل الاسبيدج (سيـروز)، والجنزار، والاملاح القلوية والاملاح الكلسية والمركبات الزرنيخية، وكذلك الاكسيـدات والسلفورات واخيـراً عدد كبير من المركبات الطبيعية. ومن بين هذه المركبات الطبيعية كان بعضها يحمل تسميات عامة مثل الألونات والفيتريول والبوراكس.

وكلمة بوراكس كانت تطلق على المركبات القلوية. والملح العام كان معروفاً منذ أقدم العصور تحت اسم ملح بحري وملح منجمي، وكذلك كـاربونات وسلفـات الصـودا والتي احياناً تسمى الناترون او نترات البوتاس او السلباتر المستعمل في اعداد النار اليونانيـة في القرن السـابع. وكـانت كاربونات البوتاس تستخرج معا بغسيل رماد الخشب، أما كربونات الصودا فكانت تستخرج من رماد النباتات البحرية، وأما ملح الأمونياك فكان يستعمـل لتحضير كلورور الكـالسيوم من الكلس. امـا الكلس الحي فكان يستخدم لاعداد البوتاس. وهناك وصفات تعود الى القرن العاشر من اجل اعداد وتحضير الصابون بواسطة القلي الكاوي.

وكان البوراكس معروفاً وكان استعمال اسمه يدل تماماً على انه كان قريباً من الاملاح الكاوية وكلمة بوراكس كانت تستعمل ايضاً للدلالة على هري المعادن.

اكتشاف الآسيد ـ كانت المواد الالونية والفيتريول تبدو منذ عدة قرون كمجموعة من الاجسام الوسيطة بين الاملاح والآسيد. ولم تكن هذه الاخيرة قد بدأت تعرف بوضوح الا في القرن السادس عشر. واتاح استعمـال السلفات الـطبيعية للكيميـائيين وبصـورة تدريجية، الاشتباه بـوجود الأجسـام الاسيدية، ثم اكتشاف وسيلة عزلها. وهكذا نفهم السبب في تمييز الألونات والفيتريول من الامـلاح العـادية، كـما سبق ومنذ زمن طـويل تمييـز الزئبق والكبـريت .ونفهم أيضاً كيف أن الكيميـائيين قـد اضطروا الى جعلها مجموعة خاصة مفترضين، انما بدون يقين مستند الى التحليل، وجود تشابه تركيبي فيما بينها.

لقد سبق وحُضر الآسيد النيتري في القرون الوسطى بواسطة تكليس السالبـتر او بعد معـالجة السـالبتر بسالفيـتريـول تحت وطأة الحـرارة، والمركب المستقـطر كـان يسمى «بـالمـاء القـوي»

واعتبـر بعد الخل أول آسيد معزول . وكان هذا التحضير ينبي عن قوة التفاعل الذي كان كامناً في الفيتريول وقد لوحظ في أغلب الاحيان تصاعد أبخرة اسيدية خلال تكلس هذه الاجسام . ويبدو ان تحضير الاسيد سيلفيريك (اثير أوزيت الفيتريول) انطلاقاً من فيتريول مارس (سولفات الحديد) كان قد اكتشف بين القرن العاشر والقرن الثاني عشر. ولكن مؤلفي القرن الخامس عشر والسادس عشر هم الذين اوضحوا بدقة اسلوب تحضيره اما بتكليس السولفات ، واما بحرق الكبريت تحت جرس مع وجود ماء ، واما باكسدة السلفـور او الكبريت بواسطة النيترات .

وبعد أن عرف الاسيد سلفوريـك لم يتأخـر عزل الاسيـد كلوريدريـك . فالاسيـدان قـد وضعهما باسيل فالنتين (Basile Valentin) المزعوم .أما الأسيد كلوريدريك، والمسمى روح الملح ، فقد حُضر بتكليس الملح البحري .

مفهوم الروح ـ ان كلمة روح تدل على تطاير الجسم المحضر بفعل زيت الفيتريول المسكوب على ملح الطعام . وقد اعتمدت هذه التسمية بالمقارنة مع الاجسام المتبخرة المعروفة منذ زمن بعيد والتي كان كتاب عصر النهضة وكتاب القرون الوسطى يصنفونها على حدة .

وفي الادب الكيميائي الذي ظل سائـداً حتى اواخر القـرن السابـع عشر وضعت الارواح (= اثير) في مقابل الاجسام المحددة الجامدة ،مثل الاملاح والمعادن. ولكن إذا كان كتاب القرون الوسطى يدلون بالكلمة على اجسام خاصة تماماً ، يسهل التفاهم عـلى تحديـد ماهيتهـا ، فان الكلمـة ارتدت مدلولاً اوسع ابتداءً من القرن 15 . فالزئبق والكبريت والزرنيخ كانت يومئذ تعتبر كارواح أو أثير ، ومن بينها ملح الامونياك واسيد كلوريدريك . وسميت المواد المتطايرة المستخرجة من المملكة العضـــوية ايضاً باسم « اثير او روح » مثل:الأرواح العطرية ، ثم الاكتشاف المدهش للكحول، في القرون الوسطى [هذا تقصير بحق العلم ان لا يقال ان الكحول اسماً وتحضيراً قد اخذ عن الكيمياء العربية (الترجمة)]، هذه الكحول التي ظلت لمدة طويلة تسمى ماء الحياة أو (الإكسير) أي الحياة المديدة ، قبل ان تصبح في اواخر القرن 16 روح العنب[1]. وظلت كلمة « كحول » تدل لمدة طويلة على البودرة الناعمة. ولم تطبق بشكل عام على منتوج التقطير العنبي الا في بداية القرن التاسع عشر [نكرر اسفنا للاغفال المتعمد لاي ذكر للمصدر الحقيقي : لقد عالج القرآن الخمور وحرمها كمسكرات منذ زمن بعيد مما يدل على انها كانت معروفة].

وأصبحت مجموعة الاثيرات كبيرة بمقدار ما ظلت كلمة زئبق ، وزرنيخ ، وكبريت ، طيلة حقبة من الزمن ، تسميات عامة سبق ان فسرنا مدى اتساعها . وبعض كتب القرون الوسطى عددت اربع اثيرات اساسية . اما تلك التي ذكرناها سابقاً ، اضافة الى ملح الامونياك لان الأسيد كلوريـدريك لم يكن معروفـاً حتى ذلـك الحـين ، فلم تكـن هـذه تـدل عـلى الأجسـام المـاديـة فقط بـل أيضـاًعـلى الخصائص التي تعطيها بمفعولها او التي تلاحظ في اجسام اخرى. وهذه الاستعمالات الاخيرة ارتدت

(1) راجع المجلد I ، القسم الثالث ، الفصل 8

اهمية متزايدة لدى المؤلفين في القرنين الخامس عشر والسادس عشر الذين وضعوا نوعاً من النظرية حول المادة ترتكز بآن واحد على الاثيرات وعلى العناصر الاربعة وميزاتها الذاتية ، الموروثة عن الفلاسفة الاغريق .

وهذه النظرية لم تتوقف عن التكامل وبلغت ذروتها مع ما يسمى بنظام (اللهب) الشهير .

النزعة الى الوحدة العقائدية ـ أصر المؤلفون الحديثون في أغلب الاحيان ، وعلى خطأ ؛ على عدم تماسك التصورات عند الكيميائيين القدامى . فقد خدعهم اللسان الباطني الذي ازدهر بشكل خاص في القرن الخامس عشر الى بداية القرن السابع عشر ، فلم يستطيعوا التعرف الى ان هذه العقائد لم تكن في الواقع الا الاستثمار المنطقي لنتيجة ملاحظات دقيقة ومنتظمة .

وقد حاول الكيميائيون القدماء ، مثل الكيمائيين الحديثين، ان يكونوا نظرية أو فلسفة في المادة مستخدمين المعارف المكتسبة بفعل درس الخصائص الفيزيائية والعضوية والكيميائية للمواد التي عرفوا كيف يتدبرونها . وقد عبروا عن هذه النظرية بواسطة اللغة المتاحة لهم .

وحوالي منتصف القرن الخامس عشر كانت هذه المعارف قد رتبت نوعاً ما لتصلح كأساس لمنهجية ، ربما تكون بدائية ، الا ان مبادئها ظلت تستعمل حتى الاصلاح الذي حصل في اواخر القرن الثامن عشر. أما فلسفة المادة فانها سوف ترتكز ، ولمدة طويلة ايضاً على وجود العناصر الأربعة : الارض الماء الهواء والنار ، اضافة الى المبادىء الاربعة وهي الحر والبرد والجفاف والرطوبة . وقد استبعد من هذه المقاربات المزدوجة بشكل متغير اجتماع المتناقضات مثل النار والبرد والماء والجفاف . وخلقت هذه التجمعات الاثيرات بحسب طبيعتها ونِسَبِها أما الأثيرات المجتمعة فيما بينها فقد ولدت بدورها المعادن السبعة .

وهناك العديد من البدائل لهذه الرسيمة النظرية ، يمكن استخراجها من أدب القرون الوسطى والعصور اللاحقة. وهذه البدائل لها بذاتها معنى لانها ثمرة خيالات متنوعة سعياً وراء التفسيرات الاكثر إرضاءً من التفسيرات التي تقدمت صياغتها. ويجب ان لا ننسى كذلك ان الذين يكتبون يشتهون ان يكونوا علماء اعلم من خصومهم ،أو مما هم حقيقةً، ولان الحقيقة الدوغماتيكية لا تمكن مناقشتها فقد بدا كافياً التأكيدُ بقوة اكبر واكثر على حقيقة جديدة من اجل اعطائها صفةً دوغماتيكية. ولكن بين الحقائق التي قال بها كل الكيميائيين كان هناك فرق قليل .

وقد استمرت هذه الصفة في الكيمياء النظرية حتى بلغ نظام «السائل المحرق» ذروة ازدهاره. وتبدو النزاعات بين الكيميائيين من القرن16 و17 حول مسائل نظرية، عارية من المعنى لانه يصعب علينا تتبع رهافتها. والحقيقة ان الحقائق الكبرى المقبولة لم تتطور طيلة ثلاثة قرون. وحتى في القرن 15 لم تكن هذه المسائل جديدة . وهذا لا يستبعد واقعة ولادة مفاهيم واسعة ثم نموها بحظوظ مختلفة خلال هذه الحقبة . ونحن لا نستطيع اللحاق بمراحلها الا اذا استطعنا قياس تقدم

المعارف التطبيقية . ومن الملحوظ أن النموذج المثالي للنظرية الكيميائية للمادة أتسمَ بالجمود خلال هذه الحقبة حيث كانت معرفة خصائص المواد تتزايد بشكل ضخم . وربما كان السبب في ذلك ان النظرية لم تكن ذات تأثير البتة على البحث . ولم يكن اكتشاف احداث جديدة الا نتيجة فضول مهني او اهتمام مجرد، يتم بصورة عملية . وكانت التطلعات العلمية في الكيمياء تترجم خاصة بشكل جهد من اجل تكييف العبارة والمنهج وفقاً لمعارف لكل حقبة ، وكانت هذه التطلعات تترك جانباً النظريات الاساسية المتعلقة بالمادة اذ لم يكن قد جاء شيء بعد ليُثْبِتَ عدم كفايتها . من ذلك ان التراث الاوسطي الذي كان يجد جذوره في الفكر الاغريقي القديم ، قد اعتمد بدون مناقشة من قبل الكيميائيين في الأزمنة الحديثة . هذه الامانة للنظريات التقليدية تتيح فهم الصعوبات التي اصطدم بها لافوازيه (La voisier) ليجعل مفاهيمه مقبولة .

II ـ نهضة الاكتشاف الكيميائي

وقامت حركة بحوث واكتشافات ابتداء من القرن 15 بعد شبه الجمود الذي أصاب الكيمياء في العصور السابقة ، وانطلقت هذه الحركة بصورة بطيئة بمقدار ما أخذ يظهر تأثير بعض الظروف بشكل أكثر عمومية .

تكاثر وانتشار الكتب الكيميائية ـ من أسباب هذه اليقظة كان انتشار ادب الكيمياء والخيمياء طيلة القرنين او القرون الثلاثة السابقة. وأصبحت مؤلفات الجامعين اكثر عدداً ابتداء من القرن 13 تقريباً . وكان فانسان دي بوفيه ، (Vincent de Beauvais) والبير الكبير (Albert le Grand) وارنولد ديفلناف (Arnaud de Villeneuve) وروجر بيكون (Roger Bacon) هم المؤلفون الاكثر شهرة الذين كشفوا عن مجمل المعارف التي وصلت اليهم. الا ان العديد من الكتاب الاقل شهرة تركوا تدوينات ومقتطفات من مخطوطات قديمة، غالباً ما كانت مغفلة ، تعود الى مؤلفين من الشرق، وكذلك مجموعات وصفات شخصية او مدونة بحسب ما تقتضيه الصدف. وكانت غالبية هذه المجموعات غير مخصصة للكيمياء فقط، فقد كانت تتضمن تدوينات حول كل المسائل التقنية التي يمكن ان تثير اهتمام المحرر بحسب اختصاصه او سعة اهتمامه. وقد سبق واشرنا الى كتاب الفن للمؤلف سنينو سنيني Cennino Cennini 1437 . وأشهر الكتابات في اواخر تلك الحقبة كانت دفاتر ليونارد دافنشي (Léonard de Vinci) ، وكانت قليلة الانتشار ولم تكن تحتوي الا على القليل من الملاحظات المتعلقة بالكيمياء. ولكن الامر لم يكن كذلك بالنسبة الى مخطوطات اخرى كان البعض منها قد نسخ وانتشر بكثرة . وبصورة خاصة اصبح الخيميائيون اكثر عدداً وكتب الخيمياء اكثر انتشاراً بحيث نقلت مجمل المعارف الكيميائية او القسم الأكبر منها كما زاد عددها . هذا الادب استطاع بسهولة اكبر أن يصل الى اولئك الذين كانوا تواقين الى المعرفة . وذلك بفضل توسع شبكات التجارة التي كانت تغطي كل بلاد اوروبا الغربية وتربطها بالبلدان الشمالية وباوروبا الشرقية وبالشرق الاوسط. وكان تزايد النشاط التجاري مرتبطاً بتوسع

النشاط التقني وبصورة خاصة بتوسع الصناعة النسيجية وقرينتها الصباغة ، وكذلك بتوسع استثمار المناجم والتعدين .

العوامل التقنية والتجارية في تقدم الكيمياء ـ لم تضعف اهمية الصباغة بالنسبة الى تقدم الممارسة الكيميائية ، حتى عصرنا الحاضر. وقد ظلت هذه التقنية حتى اواخر القرن 18 الصناعة الكيميائية الوحيدة المهمة نوعاً ما ، وأهم من صناعة المتفجرات. وغيَّر اكتشاف مقالع مهمة من الشبّة في ايطاليا الى تغير ظروف انتاجها وتجارتها في القرن 15. كانت الشبّه حتى ذلك الحين تستورد من الشرق على يد اهالي البندقية واهالي جنوى ، ثم اصبحت منتوجاً اقل كلفة وزاد استعمالها ، في البلدان الشمالية. فقد اجتذب ظهور النسيج الفلمنكي وازدهاره مجيء المواد الملونة المستوردة من الشرق ومن جنوب اوروبا، الى البلدان الشمالية. وطور ظهور الصناعة النسيجية في بريطانيا هذه المبادلات. وازداد التبادل عبر الاطلسي وحل بصورة جزئية محل الطرق التجارية الكبرى في القرون الوسطى. وكانت هذه الطرق تمر عبر شمبانيا ، واذا كانت المواد الملونة قد انتقلت بيسر اكبر فان الطرق البحرية اتاحت ايضاً نقل ترابة المعادن والمعادن ذات القيمة التجارية الاقل كلفة. وبالفعل، وإلى حدٍ ما، شاهدت هذه الحقبة ايضاً « ازدهاراً » للصناعة المعدنية ولتجارة منتوجاتها. لا شك انه منذ القرن 12 ، و13 اصبحت المعادن المنتجة في بلاد الالب الشرقية، وربما منتوجات بلاد السويد، ترسل الى مرافىء البحر المتوسط بطرق البر عبر الفلاندر وشمبانيا او عبر وادي نهر الرين ووادي نهر الدانوب. وعبر البحر كانت سفن بلاد الهانس التوتونية تنقل نحو الغرب نحاس بلاد الهارز وحديد هنغاريا والسويد في حين كان الفلمنكيون وأهل جنوى يجلبون القصدير من انكلترا. وكان السكان الفريزون والساكسون يتاجرون بالرصاص الانكليزي في اسواق اوروبا الغربية منذ القرن العاشر. وكان التوتيا والنحاس من وادي نهر الموز قد انتشرا في اوروبا. ولكن حجم كل هذه التجارة ظل ضعيفاً بالنسبة الى حجم المواد الثمينة وبصورة خاصة المواد الملونة والنحاسية .

تأثير التعدين ـ في القرن 15 تَزَخَّمَ استثمار مناجم بوهيميا والتيرول. وارتدى التعدين في المانيا الجنوبية أهمية جديدة. وكذلك كان حال حديد السويد ، ونحاسها ونحاس روسيا وبولونيا، وحال التوتيا في انكلترا. هذا مع إغفال الكلام عن مكامن التربة المعدنية المتنوعة التي بدأ استثمارها على كل القارة ، إلا أنه لم يرتد الا أهمية محلية .

وكان لتجديد الصناعة التعدينية تأثير ضخم على تقدم الكيمياء . وطورت العدانة اساليبها ودرست تربة المعادن والمعادن ومركباتها بانتباه اكبر. وتزايد مجمل المعارف بسرعة ، ولعب في هذا التقدم المعدنون والتقنيون في مناجم المانيا ، في القرن 16 و17 دوراً مهماً .

وتعتبر غزارة الأدب المتعلق باستثمار المناجم دليلاً على تزايد هذا النشاط في القرن 16 . ان كتاب جورج بوير (Georg Bauer) ، المسمّى أغريكولا ، «ري ميتاليكا» (De re metallica)المنشور سنة 1556 ، أعيد طبعه عدة مرات . ووضع كثيرٌ من المؤلفين الألمان ، في نفس الحقبة ، كتباً تقنية احتل

فيها استثمار المعادن المكان الاكبر . وفي ايطاليا واسبانيا نشرت كتب مماثلة في القرن 16[1] .

مثل هذا الاهتمام بانتاج باطن الارض جعل فضول الكيميائيين يتركز بالدرجة الاولى على جيل المعادن . وهذا ما حصل : كانت كيمياء باراسلس (Paracelse) ولاحقيه مرتكزة بصورة اساسية على مناقشة هذه المشكلة وعلى الاستقصاءات التي أثارتها .

شخصية باراسلس وتعليمه ـ كان فيليب اوريول تيوفراست بومباست فون هوهنهيم ، المعروف بلقب باراسلس ، اشهر كيميائي تلك الحقبة ، وحتى اذا كانت كفاءاته قد ضخمت من قبل تلاميذه وبولغ فيها ، ولكن يجب الاعتراف ، بانه أثَّر ، اكثر من أي شخص غيره ، في البحث وفي الفكر الكيميائيين طيلة اكثر من قرن . ولد سنة 1493 ومات سنة 1541 ، وهو ينتمي الى النصف الأول من القرن 16 . كان باراسلس Paracelse ما يزال قريباً من التراث الوسيطي ، وقد بذل جهدا فعالاً ليتخلص من المعتقدات الموروثة في تلك الحقبة . ولكنه لم يتوصل الى ذلك ، رغم بعض الحركات الاستعراضية ، ورغم بعض خشونة الألفاظ . كان صوفياً أكثر مما كان مؤمناً ، وكان مسؤولاً الى حد بعيد عن استمرارية التصورات اللاعقلانية التي ظلت طويلاً تطبع فلسفة المادة . ومع ذلك فقد فتح سبل التقدم واسعة أمام الكيمياء .

وقد تحدد اتجاه فكره بالتأثيرات التي خضع لها اثناء مراهقته. كان والده طبيباً واستاذاً في مدرسة المناجم في فيلاش كارانثي . واشتغل لفترة في المناجم وجمع معارف كيميائية مهمة في مجال التعدين . وقام بدراسات في الطب وهو ينتقل من جامعة الى اخرى، واحتفظ الى حدٍ ما بهذه العادة التجوالية طيلة حياته . وهناك اسطورة تكونت في حياته، مفادها انه زار بلاداً بعيدة [كبلدان الشرق : الشرق الادنى والاقصى وايران والصين] وهذا امر غير ثابت . وبخلال رحلاته حاول ان يتصل بالخيميائيين والمنجمين، والمتصوفين اليهود واعضاء الجمعيات السرية . وتعلم منهم وصفات متعددة والاعيب خفة اليد، واسراراً في الطب استفاد منها . كما اكتسب لغتهم الخاصة واساليب تفكيرهم مما جعل كتاباته غامضة .

ولما عين استاذاً للطب في بال سنة1526 ، افتتح فيها تعليماً حماسياً وهجومياً ضد معتقدات الطب المدرسي [الذي كان باشراف الكنيسة]. وعملت بعض استطباباته المدهشة ، التي نجحت بفضل استعمال أدوية يدخل فيها الأفيون والمركبات شبه المعدنية على ذيوع صيته وشهرته . ومات باكراً في ظروف غامضة . ونشرت غالبية كتبه بعد موته .

وأدى تنكره للمعتقدات الموروثة الى التجريب المباشر. ولم يكن الوقت مناسباً للقيام بوضع منهج تجريبي اكيد، فضلاً عن ان معتقدات باراسلس الخاصة كانت تخفي عنه أسس مثل هذا المنهج . الا انه حين دعا تلامذته الى رفض الكتابات التقليدية والى مراقبة الطبيعة بأنفسهم ، والى التجريب

(1) أنظر حول هذا الموضوع البحث ص 127 .

الجريء ، ساعد على اعطاء الكيمياء زخماً لم يضعف بعد ابداً . والفائدة التاريخية من تعليمه تقوم على انه وضع في أساس هذا التعليم دراسة المعادن والمركبات شبه المعدنية ، بهدفٍ مزدوج : تبرير نظريته عن طبيعة المواد المعدنية ثم ادخال استعمال الادوية المستخرجة من مملكة المعادن في الممارسة الطبية .

وفيما يتعلق بالنقطة الاولى ، فتح باراسلس سلسلة طويلة من البحوث استمرت وتثبتت الى حين قيام لافوازيه بأعماله . وهذه الاستمرارية كان لها النتائج الاعمق على تطور الكيمياء ، طيلة قرنين من الزمن ولم تكن نتائج تطبيق المعارف الكيميائية على إعداد الادوية اقل اهمية . فظهور الكيمياء الطبية ، انتزع الكيمياء من الخيميائيين ليضعها بين يدي الاطباء . وهكذا اعطت الكيمياء الطبية الى الكيمياء المخبرية، تطبيقاً عملياً لم تعرفه من قبل. وجعلت منها نشاطاً مجزياً واعدت له جهازاً بشرياً جديداً . وعلى خطى باراسلس سار الاطباء والمعدنون الذين توصلوا الى وضع الاسس التي امكن بناء علم الكيمياء عليها في القرن 18 .

الاكتمالية الطبيعية في المعادن ـ أن فكرة الاكتمالية في المعادن استمرت عند باراسلس لان التجربة لم تكذب امتياز الذهب كما أنّ الفضة تتمتع أيضاً ببعض الامتياز ولكن هذه الفكرة قد أصابها بعض التغيير . فبالنسبة الى الكيميائيين من القرون الوسطى وبصورة خاصة الخيميائيين ، يمكن تسريع العملية بل والتسبب بها بواسطة البراعة المصطنعة في الكيمياء . والمشكلة الوحيدة هي العثور على سر العمليات الفعالة ، وهذا السر موجود . والآثار تذكر أن البعض امتلكه . وفي غمرة الكلام والكتابات أصبحت المشكلة هي العثور على الأثر كما لو يمكن البحث عنه في سر الكور أو الامبيق .

وبفضل باراسلس تخلى الكيميائيون عن هذا الامل الخادع . ان تطور المعادن نحو حالة عدم الكمال هو شأن من شؤون الطبيعة ويتم هذا التطور في الاعماق الغامضة من باطن الارض اما التأثيرات الكونية والقوى الخفية التي تعمل عملها في القشرات المعدنية فهي وحدها القادرة على احداث هذا التطور. اما البشر فليس بامكانهم ان يطمحوا الى تحقيق هذا العمل العظيم بأنفسهم. إنما بإمكانهم فقط ان يستخرجوا الجزء الذي سبق وتحول، من المعادن التي تخفيها المظاهر الفجة من الاجزاء الاخرى. انما للتوصل الى هذا الامر يجب التمتع بلباقة عظيمة . توجد وسائل عزل وفصل تقوم على طرق عنيفة. هذه الوسائل يجب ان تستعمل بحذر. وربما يكون اختيار العينة التي عليها تجري المعالجة هو العملية الاكثر دقة . واذا كانت المعطيات الكونية غير مؤاتية فان نسبة المعدن المتغير قد تكون جزئية في النموذج المعتمد بحيث لا ترى.

وعندما تُستكمل الازمنة ينتفي التمايز بين مختلف المعادن التي تصل كلها الى حالة الذهب في منتهى المطاف . والانسان، من اجل احتياجاته اليومية يستخدم المعادن كما هي عند استخراجها من المنجم. يقول غلوبير (Glauber) وهو يشرح باراسلس فيما بعد : « لم يكن قصد الطبيعة، ان يبقى الحديد حديداً بل ان ينتقل الى حالة الكمال الذهبية. ولكن قلة صبر المعدنين لم تسمح له بالتوصل الى هذه الحالة. فهم لم ينتظروا الحديد كي يتوصل الى مقام الذهب. ولذا استخدم في الاستعمالات القائمة » .

ولما كان الذهب هو المعدن الكامل ، والفضة قريبة منه نوعاً ، فلا يبدو ان باراسلس وخلفاءه قد اعتمدوا تصنيفاً دقيقاً بالنسبة الى المعادن الخمسة الاخرى .

والفضة والانتيموان يتمتعان بسمعة واضحة. ثم يأتي النحاس والرصاص تاليين ، وبعدهما الحديد، الذي يعتبر الاخشن : والمظهر المعدني يبدو احد السمات الاكثر تقديراًبعد عدم الصدأ. اما الزئبق فظلّ يتمتع بسمعة خاصة .

ثم انه يجب أن لا ننسى ان هذا التصنيف لا دخل له في النوعية التعدينية التي يستخرجها المعدِّن ، بل هو يقتصر فقط على المعدن المثالي الذي لا تدركه الحواس العادية . والواقع ، ان عيِّنة من معدن عادي هي خليط يخفي فيه المعدن الأخشن معادن اكمل منه . وكل التجارب التي يوقعها الكيميائي بهذه العينة : اكسدة ، تذويب ، تحطيم بالعوامل المهرِّية ، او التذويب بالقلويات ، او الكبرتة او التحويل بالاملاح وبالاوكسيدات ، او الخلط ، ليس لها هدف الا تفحص هذه المعادن الكاملة الموجودة في المعادن المبتذلة . وبواسطة هذه الاساليب يسعى الكيميائي الى تركيز المعادن الاكمل ، وبخاصة الذهب ، ثم استخراج هذا الاخير من المجموعة المعدنية التي تغمره .

وأدب القرن 16 و17 مملوء بمثل هذه الوصفات ، ولكن وصف هذه الاساليب غامض عن قصد . اذ كان المؤلفون يخافون من اخذهم بالذنب ، ذنب الهرطقة ، ولهذا كان الوصف مبتوراً . فبعد بداية مفهومة تماماً ، يلوذ المؤلف بالمجازات والمعميات التي توحي بان الألبّاء والاذكياء لا يحتاجون الى شروحات اضافية . اما الآخرون ، فهم دائماً اما حساد واما اشرار مستعدون للبوح باسرار الاخوة وتشويه أشد الحقائق احتراماً . والكيميائيون ، وقد علمتهم التجربة الشخصية الحذر، لم يعودوا يعلنون عن رغبتهم في الوصول الى فصل الذهب الخالص الموجود في الحديد مثلاً . وافضل النتائج التي يمكن التوصل اليها ، على ما يبدو ، هو تركيز الذهب الكامن في منجم داخل « منتوجات رأسيةٍ من فصلٍ مجزأ (Les Produits de tête d'une séparation fractionnée) » بحسب اللغة الدارجة .

هذه النظرية حول المعادن قد أثارت بحوث خلفاء باراسلس ، من اجل التثبت من هذه المادة النهائية ، هذه المادة الكاملة الموجودة في كل مكان وفي كل مكان مخبّأة. وقد آلفت العمليات العديدة الجارية على المعادن ومركباتها ، بين الكيميائيين والظاهرات التي ظلت لمدة طويلة سيئة التفسير، والتي اعطت فيها بعد مفتاح النظام الكيميائي العصري : انه بصورة خاصة تأكسد المعادن بالتكلس في الهواء الحر وتفكك الاوكسيدات .

مفهوم المبدأ، النظرية العلمية ـ وهناك نتيجة اخرى لهذا التيار الاستقصائي ، وهي اعطاء ركيزة اكبر لمفهوم المبدأ. لقد تغيرت كثيراً الفكرة التي كونها كيميائيو القرن 16 و17، حول « الجوهر » (Quintessence) الباراسلسي بين كاتب وآخر . ومفهوم « الجوهر » بالذات لم يعد حكراً فقط على كيمياء المعادن . فالعامل النهائي اصبح عاملاً شاملاً استطاع البعض ترقبه وحيّاه بعض

الكيميائيين من القرن 18 في « اللاهوب » (Phlogistique).

وقد ساعد باراسلس بنفسه على اعطاء مظهر النظرية العلمية لمفهوم المبدأ. فهو برفضه اسمياً العناصر الاربعة الاساسية ، لانها تشكل جزءاً من التعليم المدرسي، لم يذهب الى حد التخلي عن المفهوم بالذات. انه رفض اعتبارها كعناصر غير قابلة للتلف ، ولكنه احتفظ في اساس نظريته بأربعة مبادىء بعيدة هي الصفات القديمة الأولية: البرد والجفاف والحرارة والرطوبة. وهي تبدو في الواقع نوعاً من التسوية بين هذه الصفات والعناصر الاربعة : ماء، ارض، هواء ، نار. وبدت هذه التسوية ، غير الواضحة ، مختلفة الاوجه في الخطابات المعقدة لشراح باراسلس ، الذين لم يظهر عليهم انهم فهموا تماماً التمييز او التفريق الدقيق، حالهم في ذلك كحال الكاتب العصري. والى جانب الميزات الاولية افسح باراسلس مكاناً خاصاً لخمسة مبادىء قريبة هي الزئبق والكبريت والملح والكحول ، وخلاصة التقطير . والمبادىء الثلاثة الاولى هي المبادىء الاساسية او الفاعلة اما الاثنان الاخيران فسلبيان ، وهما قابلان للتلف . وتدل التجربة بهذا الشأن ان الكحول (flegme) والرأس (الميت) أو بقية التقطير يمكن ان يتحولا بفعل عوامل مشتركة متنوعة .

والمبادىء الثلاثة الاولى يصعب تعريفها . ويمكن ان نحفظ من خطابات باراسلس والمعلقين عليه ما يلي : تتشكل المبادىء باتحاد الصفات الاساسية بنسب متنوعة. فالزئبق يتوافق مع المُركب الذي تسيطر فيه الرطوبة اماالكبريت فيتوافق مع المُركب الذي تسيطر فيه الحرارة، اما الملح فيتوافقحيث يسيطر الجفاف . ولا يبدو ان البرد يمكن ان يسيطر في مُركب من الصفات لان باراسلس لم يعترف له بمبدأ مقابل . ثم انه يجب ان نفهم انه نظراً للاختلاف الكبير في نسب الصفات ، في كل مبدأ ، بالامكان وجود كميات من الكبريت والزئبق والملح. ومع الآخرين، اي الكحول وبقية التقطير ، واللذين كثيراً ما اهملا في الشروح ، رغم ورود ذكرهما في التعداد الاساسي، تشكل العناصر الثلاثة الاولى كل الاجسام التي تدخل هذه العناصر فيها بنسب متنوعة .

الجوهر - يستكمل باراسلس نظرية المادة بمفهوم الجوهر او العنصر الخامس والذي ينتج عن الصفات الأربع الاساسية مجتمعةً . يقول باراسلس : « الجوهر هو مادة يمكن ان تستخرج من كل الاشياء التي تنتجها الطبيعة والتي تتمتع بالحياة ذاتياً . ومثل هذه المادة رهيفة جداً ويجب تنقيتها الى أعلى الدرجات وتنظيفها من كل العناصر غير النقيّة والتافهة التي تحيط بها . وهذا الفصل يُبْقي هذا الجوهرضمن طبيعته التي لا تقبل الفساد » .

فهل هذا الجوهر مبدأ شامل ؟ يقول باراسلس (Paracelse) انه والزئبق نفس الشيء ثم يتكلم فيما بعد عن جوهر كل معدن ما عدا المعادن الوضيعة .

« ان جوهر الذهب مثلاً مأخوذ من الطبيعة الرطبة للماء . وجوهر زحل (الرصاص) يتعلق بالارض الباردة والجافة . وجوهر الفضة البيضاء يتعلّق بصفات الهواء الذي هو بذاته ليس الا تكثيفاً للهواء في احشاء الارض وله رهافة قصوى » .

تأثير باراسلس - في هذه الاسطر القليلة يعود باراسلس رغماً عنه الى مفهوم العناصر الاربعة عند الفلاسفة الاغريق، ووضع خلفاؤه من بعده هذه العناصر في رأس كل تفسير للمادة . وهكذا يتكون لدينا المجمل النظري الذي سوف تعيش الكيمياء عليه طيلة قرنين ونصف القرن. ومساهمة باراسلس الأصيلة ليست ضخمة. فالمفاهيم التي منهجها كانت موجودة في الكتابات السابقة لعصره، الا انه جعل منها هيكله عقيدة بدت لمعاصريه متماسكة ونجاح افكاره لا يعزى الى وضوح تعليمه بل الى شخصية باراسلس نفسه .

ففعالية ادويته ثم علاقاته مع اهل العلوم الخفية، وميله الى الشرب، ونزواته جعلت منه شخصاً كثر الجدل حوله . والهجوم الذي تعرض له في حياته ولمدة طويلة بعد مماته ساعد على ذيوع صيته مثل المدائح التي كالها له انصاره . فهؤلاء دافعوا عنه بحماس يعادل انتقاد النقاد له . والكيميائيون توقفوا عن رد الهجمات عليه ، وتخلوا عن تعاليمه الطبية السرية تاركينها للخيميائين المتأخرين وللمنجمين وغيرهم من الاشخاص المشكوك بهم . ولكن نظريات الدكتور الملهم حفظت في كتب الكيمياء ، بحكم العادة ، وظلت هذه الكتب مطبوعة بعمق ، بالتراث الى حين نشر كتاب لافوازيه (Lavoisier) . وفي عصرنا يصعب تصور كاتب استطاع أن يهيمن طيلة قرنين وأكثر .

وفي اواخر القرن السادس عشر كان كل العلم تراثياً . ولكن بعد مئة سنة انتهت هذه الامانة للاقدمين في غالبية المجالات وبقيت الكيمياء العلم التقليدي الاخير. ولم تحل تعاليم العصريين محل تعاليم الاقدمين بل تراكمت فوقها .

باسيل فالانتين - (Basile Valentin) اذا كان اسم باراسلس قد شع فوق كل الادب الكيميائي في القرن 16 و17، الا انه لم يكن الوحيد الذي يذكره مؤلفو كتب الكيمياء كسند لمعلوماتهم .

فمن بين معاصري باراسلس الذين قرئوا وذكروا من قِبَل خلفائهم ، يذكر شخص مفترض ان اسمه باسيل فالانتين وهو اول من كتب بحثاً متخصصاً بالانتيموان . وقد حدد زمنه إما في القرن 15 او في القرن 16 . ويبدو انه من الثابت اليوم ان هذا الشخص لم يوجد على الاطلاق ، وان الكتابات التي نشرت باسمه حوالي 1600 هي من صنع أحد أنصار باراسلس المجهولين ؛ وهذا لا يعني أكثر من نقل مشكلة شخصية هذا المؤلف من شخص الى شخص . ويبدو أنه ممثل مخلص للكيمياء السحرية وقد نشر له فيها باللاتينية والألمانية والفرنسية كتاب اسمه مفاتيح الفلسفة الاثني عشر . أما المعارف الايجابية التي جمعها فكلها في كتابه عربة الانتيموان المظفرة (= الإثمد) .

دروس عملية: برنار باليسي Bernard Pallissy - يمكن ان نقارن وجه فالانتين بصورة برنار باليسي (1510 ؟ 1589) الذي ينتمي بكامله الى القرن 16 . لم يقدم باليسي معارف جديدة مهمة جداً . فقد كان صانع فخار وسيراميك . وكان يمتلك اسلوباً في الملاحظة اعطي فيها بعد كمثل ، في

زمن لم يكن الكيميائيون يعرفون فيه كيف يعملون وكيف يكتبون الا بالتقيد بمعتقدات ضيقة ، مختبئين وراء سلطة كتاب مقدسين ؛ قام باليسي كفكر حُر . ولم يتوقف فضوله على اشياء معقدة مثل تركيب المادة البعيد ، وان هو تكلم عن المادة فانما ضمن مذهب اللاادرية وانكار ان العمل العظيم قد اكتمل او يمكن ان يكتمل يوماً ما . ولكنه عندما يبحث في تفسير الظاهرات الملحوظة مباشرة ، ثم يصفها ، مثل تغذية الينابيع ومثل خصائص الاملاح والاحجار والصلصال والدلغام ، فانه يتميز بحس سليم وبفراسة قلما نجد لها مثيلاً في ذلك العصر . وهو لم ينشر الا كتابين . الكتاب الرئيسي عنوانه «خطابات مدهشة حول طبيعة المياه والينابيع الطبيعية والاصطناعية ، وحول المعادن والاملاح واشباهها والاحجار والتربة والنار والطلاء (المينا)» 1580 . وهذا الكتاب هو حصيلة محاضرات قدمها في اواخر حياته امام جمهور مختار لكي يثبت صحة معارفه . ولم يتكلم باليسي الا عن مواضيع يعرفها بحكم الخبرة الطويلة .

ولم يحدث هذا الرجل، ذو الشخصية التي تحملنا على التفكير بشخصية ليوناردا فينشي Léonard de Vinci ؛ انما من غير صَقل ، لم يحدث اي تأثير في عصره الا انه يبدو لنا كممثل لفئة من العمال والممارسين لم تتعود على حسن التعبير عن نفسها ، انما تميزت بنشاطها العظيم لان معارف الكيميائين الوضعية لم تنفك تتزايد بانتظام بفضلها .



الفصل الثالث :

دراسة الجسم البشري

I ـ التشريح

الثورة التشريحية ـ في ذات السنة التي ظهر فيها كتاب كوبرنيك Copernic حول النظام المشمسي، طبع كتاب « الجسم البشري . . » De Humani corporis fabrica (بال 1543) لمؤلفه اندره فيزال André Vésale، الذي ثوَّر معارف الانسان حول تركيبة جسده بالذات . وهكذا ظهرت نظرة جديدة بذات الوقت على العالم الكبير [الكون] والعالم الصغير [الانسان] .

ويزعم مؤرخون كثيرون ، وخاصة م. روث (M.Roth)وهـ .ي سيجريست (H.E.Sigerist) ان الطب الغربي مرتكز بصورة اساسية على التشريح وان الفكر التشريحي ، بالمعنى الحديث للعبارة ، بدأ ، وبشكل مفاجىء نوعاً ما ، مع عمل ڤيزال . وبالتالي مثّل نصف القرن 16 قطعاً حاسماً في تاريخ العلوم الطبية ، وفجر عصر جديد. وفي التقريب الاولي ، يبدو هذا الزعم سهل التبرير: انه يتضمن ولا شك نواة حقيقة انما يجب ان لا يقبل بدون نوع من التحفظ . ان الفكر التشريحي يقوم على الجهد الرامي الى قصر كل الظاهرات الفيزيولوجية والباثولوجيةعلى مورفولوجية داخلية جسدية ، وعلى علاقات بنيوية معروفه ومدروسة بفضل التشريح . لا شك ان الدور التاريخي لهذا المفهوم المهم ، وفوق ذلك النموذجي ، لتجدد الطب الاوروبي ، يستحق اعطاءه مركز الشرف في كل دراسة نقدية حول نهضة العلوم العصرية . ولكن علينا ان نحذر ان نرى في التشريح ـ سواء كان جامداً أم حياً ، طبيعياً أم مرضياً (باثولوجيا) ـ الاساس الوحيد للطب العلمي . وهناك عوامل اخرى تدخل في المجال ، وربما يفسر هذا لنا لماذا لم تكن نهضة الطب الحقة ـ في نظرنا ـ فعل القرن 15، بل فعل حقبة لاحقة متأخرة .

وتحفظ آخر: اذا كان فيزال قد ضرب الضربة الاولى الحاسمة والقاطعة لنظام غاليان ، فليس يقل عن ذلك حقيقة ، ان ضربته لم تكن الاولى ولا كانت الثغرة الاولى في البناء العربي الغالياني . وميل المؤرخين الى بلورة الاحداث حول بعض الشخصيات الفريدة غالباً ما تلقى في ظلّ فيزال انجازات سابقيه ، وتوشك ان تنسى بان الثورة الفيزالية تمثل، ليس فقط، بداية مرحلة جديدة، بل

تبدو اكثر من ذلك وكأنهانتيجة تيار عام تيار الفكر العلمي . وحدثت نهضة أولى في التشريح ، خلال القرن 16، والخلاف بين الملاحظة التشريحية ، والكتابات الغاليانية لوحظ من قِبَلْ كثير من المشرحين في النصف الاول من القرن السادس عشر . انما يجب الاعتراف لفيزال بموقع تاريخي مميز . وكما عبر عن ذلك بنجاح ومنذ زمن بعيد كارت سبرنجل Kurt Sprengel :

« الحقيقة ان المشرحين الذين عاشوا قبل فيزال حققوا اكتشافات عديدة ومفيدة ، ووصفوا من بعض النواحي الطبيعة كما هي لا كما وصفها غاليان . ولكنهم جميعاً اعتبروا دحض اقوال هذا المعلم الكبير الذي يصعب الوصول الى مستواه ، جـرأة مخيفة ، وكانت مثل هذه الظروف غير ملائمة لتقدم علم التشريح، وبالفعل ظل هذا العلم ذابلاً حتى الحقبة التي كسر فيها فيزال الخالد المعتقدات القديمة وأوصى بالملاحظة الدقيقة للطبيعة وكأنها الدراسة الأكثر أهمية والأكثر لزوماً » .

التشريح التعليمي ومسألة التراث الغالياني - سبق ان ادخل التشريح البشـري في التعليم الجامعي خلال القرن 14 وبخاصة في ايطاليـا . وقدم مـونديـنـو دي لوزي(Mondino deiLuzzi)، الاستاذ في بولونيا المثل الاوضح عن هذا النشاط التشريحي (1316). ولكن يجب ان لا يغيب عن نظرنا ان موندينو امر بالتشريح التعليمي : وهو لم يكن يزعم انه يكتشف بنيـات غير معـروفة حتى زمنـه ، ولكنه اراد فقط ان يثبت بالمشاهدة العينية تعليم غاليان . كما انه كان بعيداً عن امتلاك معرفة النصوص الحقة عن معلم برعام[1](Pergame) .وعلم موندينو غاليانية من مصدر عربي ، اقل منزلة من مجمـل المعرفة التشريحية المأخوذة عن الاغريق الاقدمين. ورغم ان موندينو شـرح بنفسه الاعضـاء التناسليـة لامرأتين، فقد وصف الرحم وكأنّ فيه 7 طبقات ، وهذا خطأ لم ينسب الى غاليان (كما ميز خطأ أيضاً بين تجويفين رحميين) بل في شراحه الوسيطيين، وبعد عدة سنوات من كتابة اناتوميا لموندينو قام عالم في البـلاط الملكي في نابـولي وهو نقـولا دو بريبيـو (Nicolas de Deoprepio) من مقاطعـة ريجيـو دي كالابري (Reggio de calabre) يترجم مباشرة من الاغريقية الى اللاتينية كتاب (Usus u Partium) « حول الجسم البشري » . وهو كتاب اساسي في التشريح الفيزيولوجي الغالياني. اما كتاب « غاليان » الذي وضعه موندينو فلم يكن الا نصاً مزوراً عن غاليان « جوفامنتيس » ، وهو مقتطف فاسد من كتاب (ايزوس بارسيوم) . وارسل نقـولا نسخة من تـرجمته الى غي دي شـولياك (Guy de Chauliac) واستخـدمهـا هـذا الاخـير، بصـورة واسعـة لكي يكتب القسم التشـريحي من كتـابـه« شيـرورجيـا ماغنا » (Chirurgia magna) . واقر غي (Guy) بقيمة مصادره القديمة المنفتحة ، ولكنه لـم يكن على استعداد كاف لفهم الرسالة الاساسية في التشريح الكلاسيكي . وعلى كل وبفضل كتابه حول المشرحين في مونبليـه، وبصورة اعم حول الجراحين في القرن 15 و16 قام تراث صحيح من التشريح الغاليـــاني أفضل من التشريح الذي نقله موندينو، وذلك في الكتابات الجراحية خاصة في فرنسا والمانيا .

وتم تجديد التشريح خلال مرحلتين تراكبتا تأريخياً . فتحت مظلة الانسنة ، تمت العودة الى

---

(1) مدينة غاليان .

المصادر الادبية للعصور القديمة ، وتمّ احياؤها باكثر ما يمكن من الامانة ، ثم في مرحلة ثانية ، حكمت بالفكر العام السائد في نهضة العلوم والفنون ، تثبت الجميع « بان العودة الى الينابيع القديمة لم تحدث الا تغيراً في العبودية » (ب . ديلوني) P.Delaunay. وحطمت الاطر الكلاسيكية في المحاولة من اجل الوصول المباشر الى الطبيعة كمصدر اسمى للمعرفة . وكانت في البداية انتقاد نقل المعارف ثم انتقاد المعارف بالذات .

وفي سنة 1490 ظهر الى الوجود في البندقية الطبعة الاولى، من ترجمة لاتينية ، صحيحة في خطوطها الكبرى، لبحوث غاليان التشريحية ملحوقة ، في سنة 1525 بنشرة الاصل الاغريقي .

وبصورة تدريجية ، تم بخلال القرن 16 تنقية التعابير التشريحية واستبدلت التعابير ذات الاصل العربي مثل (صفاق، زربوس وميراش) بكلمات اغريقية الاصل او لاتينية الاصل. اما المسائل ذات المظاهر اللغوية الخالصة فكانت موضوع نقاش تشريحي طيلة الثلثين الاولين من القرن 16 . ولكن الحماس الزائد والخاص دل على ان المسألة لم تكن مسألة تعابير: فقد كان هناك التناقض بين الملاحظات التشريحية الكلاسيكية والوسيطية .

وكان على رأس هذا الخط من التشريحيين الانسانيين الساندرو بنيدتي (Alessandro Benedetti) الذي امتاز بمعرفته للاغريقية وباحتقاره للكتب التشريحية العربية اللاتينية . ومعه بدأت شهرة المدرسة التشريحية في بادو ، حيث أسس أول مختبر تشريحي دائم . ونقل توماس ليناكر (Thomas Linacre)، وكان تلميذاً في بادو قبل ان يصبح طبيب هنري الثامن ومؤسس كلية الاطباء ، الى انكلترا هذا التشريح ذا الاتجاه الفيلولوجي اللغوي. واقام سلفيوس (Sylvius) وغوتيه داندرناخ (Gonthier d'Andernach) في باريس مركزاً محترماً .

ليونارد دا فينشي وتمهيده ـ لا يمكن ان نغفل العمل التشريحي الذي قام به ليونارد دا فينشي ، رغم ان هذه العبقرية ذات الموارد المتعددة تستعصى على كل تصنيف ، وان بحوثه التشريحية ، مهما كانت رائعة ، تقع على هامش النمو التاريخي لهذا الفرع من العلم. فقد شرح ليونار بغناية اثناء ثلاثة مراحل في حياته : (في ميلانو حوالي 1490، وفي فلورنسا بين 1503 و1506، ثم في ميلان بين 1510 و1511، وكانت هذه المرة الاخيرة بالتعاون مع الطبيب مارك انطوان ديلا توري (Marc Antonio della Torre) ،وسنداً لأقواله بالذات شرح ليونارد حوالي ثلاثين جثة، ابتداء من الجنين الى العجوز المئوي ، وكان يريد وضع كتاب كبير حول التشريح او انسيكلوبيديا حول الانسان ، ولكنه بقي في المرحلة الاعدادية لها : ألاف الرسيمات ومئات الملحوظات. ولكن اي غنى ، واي اكتشافات . في عالم ليونار يتحد الجمال مع الحقيقة وكذلك النظرية مع التطبيق. ان معارفه بالعلم الرسمي كانت ضيقة ، ولكنه في مجال التشريح الم يكن سباقاً ؟ .

بالنسبة لليونارد كانت الرسوم التشريحية وسيلة لدراسة الوظائف الحيوية . ولا يسعنا إلاّ أن ندهش أمام تفوّق تقنّيته : تشريحات بالتسلسل ، تشريحات باتّجهات عديدة، قولبة الفجوات بالشمع ، استبدال العضلات بأسلاك من أجل إبراز طريقة تحرّك الهيكل العظمي بصورة أفضل ، الخ. بنجاح كبير طبّق

في مجال البحث التشريحي طرق مهندسي البناء الإيطاليين . كما أنّ لائحة اكتشافاته مدهشة : لن نحاول تعدادها هنا ، لأنّها بقيت مجهولة من قِبل مشرّحي القرنين السادس عشر والسابع عشر .

التيار الطبيعي المغالي في ايطاليا ـ خلال القرن 15 و خلال العقود الاولى من القرن 16، كان التشريح التعليمي والتشريح التمحيصي للجثث قضائياً ، مطبقين في عدة مدن ايطالية . وكانت الاسبقية تعود الى بولونيا والى بادو والى البندقية . وازدهرت مراكز اكثر تواضعاً للبحوث التشريحية في فلورنسا وبيزا اوفرار وبيروس وجنوى وغيرها. وكان الاطباء الطلاب يأتونها من كل انحاء اوروبا. واذا كان التعليم العملي للتشريح البشري لم ينل الاجازة الرسمية الا على يد البابا كليمان 7 (من سنة 1523 الى سنة 1534 م)، فان السلطات العلمانية والكهنوتية في ايطاليا قد سمحت به واحياناً شجعته ، قبل قرن على الأقل .

وظل كتاب موندينو (Mondino) ، المتوفر من خلال نصف دزينة من الطبعات البدائية ، ثم المعاد طبعه حوالي 20 مرة بخلال القرن السادس عشر ، ظل هذا الكتاب ولمدة طويلة الكتاب المدرسي الاميز . وحتى من اجل نشر بعض الاكتشافات التشريحية وبعض الافكار الاصيلة ظل المشرحون في النصف الاول من القرن السادس عشر يفضلون ابراز هذه الاكتشافات بشكل تعليق على موندينو . وظلّ توجه الطب توجهاً فيزيولوجياً وباثولوجياً مزاجياً عاجزاً عن الاستفادة من التعلم التقليدي ، فكل ذلك تعارض مع تقدم التشريح بسرعة . إلا أن التعارض أو التنافر بين نص **موندينو وعقيدة غاليان** « الحقة » ثم الملاحظات الشخصية التي أبداها المشرحون بدا بصورة جلية في « كتاب تشريح الجسم البشري » (البندقية ، 1502) لغبريال زربي وظهر الخلاف بين التراث والمتطلبات الجديدة للبحث العلمي بشكل خفي . فمن جهة أكد زاربي (Zerbi) ان الذي يريد معرفة أعمال الطبيعة يجب أن لا يثق بالنصوص التشريحية بل عليه أن يراقب الطبيعة كما تبدو لعينيه ، ولكنه من جهة أخرى ، يقبل كحقيقة أكيدة عملياً كل التأكيدات الغاليانية .

في مؤلفات جاكوب **بيرنغاريو دي كاربي** (Jacopo Berengario de Carpi) (كومنتاريا سوبر اناتوميا ، (Commentaria Super anatomia Mundini)، 1521، ثم (إيزاغوجا بسريفي Isagogae breves ، 1522) ثم كتب الكسندر آشيليني Alessandro Achillini (انوتاسيون اناتوميكا . . 1522) وكتب نيقولا ماسا Nicolo Massa (أناتوميا . . . 1536) في هذه الكتب سادت تفاعلية تحررية فكرية كما تم رفض سيطرة غاليان . وكانت هذه التفاعلية تعمل بشكل غير ظاهر تماماً إلا أنّها كانت قوية بحيث يمتنع معها الرجوع الى الوراء .

الى آشيليني ، وكان استاذاً في بولونيا وبادو ، يعود الفضل في وصف المطرقة والسندان في الاذن الوسطى ، واكتشاف القناة المسماة اليوم بقناة وارتون، ثم ملاحظة ان القناة الصفراوية تصب في اول المصران الرفيع ، وكذلك بعض المعلومات الجديدة حول معرفة الدماغ .

ووصف الاستاذ في الجراحة من بولونيا الايطالية بيرنغاريو (Berengario) لاول مرة الزائدة

االدودية ، والتيموس (غـدة في العنق) والجيب السفينويـدي (الاسفيني) وطبلة الاذن والغضروف الارتينـودية . وكـان يعرف ان الرحم يحتـوي على تجـويف واحد غـير مقسـوم لا الى سبعـة ولا الى منطقتين . وكان يقول ان على المشرح ان يفضل التشريح على قراءة الكتب. وكان برنغاريو رجلاً حذراً قلما عارض غاليان بشكل مباشر ، وان هو فعل فانه يتراجع حالاً ، ظاهرياً على الاقل. مثلاً ، بشأن تشابك الاوعية الدموية الواقعة في أسفل دماغ بعض الحيوانات انما غير الموجودة عند الانسان؛ يقول برنغاريو ببساطة : هذه الشبكة لم ارها أبداً . ولكنه بعد أن محاها بجملة واحدة ونفى وجودها . يعود فيصف هذا التشكل الخيالي كما هو وارد في الكتب التشريحية التقليديـة. وفي سنة 1561 قـال فالـوب (Falloppe) ان برنغاريو هو بدون شك اول مجدد في فن التشريح المكتمـل بعد فيزال . قد يبدو هذا الحكم مسرفاً ولكنه يتطابق مع الواقعة القائلة بأن برنغاريو ، مع بقائه من دعاة التشريح الغالياني، ظهر وكأنه قادر على انجاز اكتشافات مهمة بواسطة التجربة الشخصية .

وفي البحث عن ما يسميه « ماسا » من البنـدقية : حقائق الحواس (سانسافافيرتـا) في مقابـل حقائق الكتب ، تمّ تحقيق خطوة جديدة على يد جان باتيست كانانو(Gian Battista Canano) فقد اعد هذا المشرح الفراري خارطة تشريحية جميلة (موسكيلوروم هوماني كوربوريس . . 1541) وفيها، بما يقارب ثلث النص يرفض تعليم غاليان والمؤلفين الوسيطيين ويتجاوزه . واكتشف كـاتانـو صبابـات الاوردة (1546) دون ان يستطيع تفسيرها بشكل صحيح .

المدرسة التشريحية في باريس - وبالمقابل في فـرنسا حصلت يقـظة الدراسـات التشريحيـة في مونبليـه. ولكن خلال النصف الاول من القرن 16، اصبحت بـاريس المركـز الذي لا ينـازع بفضل تعليم جاك ديبـوا (Jacques Debois) الملقب بـ سلفيوس (Dit Sylvius) وجان غونتيه دانـدرناخ (Jean Gonthier d'Andernach) . وكـانا معـاً خبـيرين في الفيلولوجيا الكلاسيكية ومدافعين عن الغاليانية .

وكان عدد تلامذتهما ونوعيتهم ملفتا (فقد كان بينهم فيزالVésale، واتيانEstienne، وفاسيVassé، وسرفيتوServeto) . وبعد نشر كتاب فيزال والهجوم العنيف من سلفيوس Sylvius، اصبح المعلم والتلميذ عدوين لدودين . فقد هزأ فيزال من طريقة سلفيوس في تعليم التشريح . رغم ان بعض اتهاماته تكذبها شهادة نويل دي فايNoël de Fail الدقيقة .

ورغم ان درس سلفيوس غالياني الطابع بشكل اكيد فهو لم يكن كتبياً كما يقال عادة . فقد احل محل التبيان السلبي للاحشاء ، التشريح العملي لكل الاعضاء ولكل الاطراف . وقد ساعد سلفيوس بشكل حاسم في وضع معجمية تشريحية واضحة ودقيقة . كما انه كان في اساس دراسة الجيوب الدماغية بواسطة تقطيعات طولية وعرضية ، نشرها واذاعها تلميذه دريندر Dryander، واستغلها فيزال . وحسن في تقنية الذوق التشريحي . وكان الاول على الاقل، الذي اشار الى هذه التقنية في كتاب مطبوع .

لا شك ان سيلفيوس بمعارضته للاصلاح الذي قام به فيزال قد لعب دوراً سلبياً في تطور علم التشريح . وكان عماه المعتقدي ، قد حمله ـ حتى ولو امام واقعة نَخْر نسيجي (موت نسيج حي) لا ينطبق مع الوصف الذي قدمه غاليان ـ على ان يفضل ان يرى في هذه الواقعة تخلفاً في النوع البشري حتى لا يقول بخطأ العالم الاغريقي .

وفي سنة 1535 نشر الطبيب الإسباني اندريه لاغونا (Andrés Laguna) في باريس كتاباً في التشريح يتضمن اول وصف حقيقي صحيح لصمام في المعي اللفيفي الاعوري . وفي سنة 1539 حضر شارل اتيان (Charles Estienne) وهو عضو في جمعية الناشرين الباريسيين الشهيرة ، حضر بالتعاون مع الجراح اتيان دي لاريفير كتاباً تشريحياً مصوراً . ولكن للاسف قامت دعوى بين المؤلفين فاخرت نشر الكتاب حتى سنة 1545 . وهكذا سبق كتاب فيزال كتاب اتيان . وبالطبع كان كتاب الطب للطبيب والناشر الباريسي مكتوباً باللغة اللاتينية . ولكن اتيان بعد 1546 ترجمه الى الفرنسية بنفسه : « تشريح اجزاء الجسم البشري . . » ولكن الآراء حول قيمة هذا الكتاب كانت مختلفة . ولكن من المؤكد ان اتيان كان ضد التقبل الاعمى للتشريح الغالياني . وقد اكتشف عدة اكتشافات مهمة وان كانت في نظر معاصريه غير مقدرة . مثلاً عرف اتيان الثقوب التي يمر منها الغذاء الى العظم ، وميز بوضوح بين العصب الحبي (سمباتيك) والعصب الرئوي ـ المعوي ، كما اعطى اول وصفٍ مرضي للغضروف المفصلي في المفصل الصدغي الحنكي وكذلك في الرباط العظمي الدائري الكعبري (الزند الاعلى) .

كما رسم انتفاخات النخاع الشوكي ،واشار لاول مرة الى وجود قناة الى غشاء جوف الدماغ من النخاع الشوكي كما لحظ وجود السائل الدماغي الفقري . ولاحظ اتيان ، مثل كانانوCanano الصمامات الوريدية دون ان يعرف اهميتها .

علم الايقنة (نسبة الى ايقونة) التشريحي ـ لقد وعى انسان عصر النهضة الكرامة المثلى للانسان وظرفه البشري . وكان يعتقد انه سيد الطبيعة ، وذلك ، ليس فقط بسبب مكانته في النظام الديني ، بل ، وبشكل خاص ، بفضل قواه الذاتية ، ورغبته في التحكم . ان « الانثروبوسنتريسم » أي الايمان بان الانسان هو محور الكون ، الفلسفية والجمالية ، وقد اصبحت موقفاً مترسخاً ومعلناً ، جعلت الحكمة الدلفية : « اعرف نفسك بنفسك » حاضرة حضوراً ملحاً ، حتى في معناها الاكثر حرفية : المعرفة الفيزيائية للجسم البشري . هذا الجسم الذي ـ كما يقول المشرح ماساMassa ـ هو الشهادة الاعظم على كمال الطبيعة . ان نظرة الرسامين مأخوذة بالعاري . وهذه النظرة تريد اختراق الجلد الى ما تحته . ولم يكن ليوناردا فينشي الوحيد بين الفنانين الذين اهتموا بالتشريح ، رغم ان احداً لم يُشَرِّح بمثل كفاءته : فيروشيوVerrocchio ، ميكل انجMichel – Ange ، دوررDurer، منتغناMantegna، وروسوRosso ، واخرون كثيرون من المشهورين يمكن ذكرهم هنا . واذا كان

نشاطهم قد حصل دون ان يمس البحث العلمي، فقد كان له، مع ذلك، تأثير عميق على هذا البحث.

وعند المفصل بين القرن 15 والقرن 16 حلت المطبعة محل الايقنة (ايكونوغرافي) القديمة والوسيطية ، دون ان تحدث تغيرات اساسية. وكانت الكتب الاولى المزينة بصور بشرية ترتدي طابعا تشريحياً مثل كتاب (فاسيكول مديسينا(Fasciculus medicinae) للمؤلف جوهان دي كيتام (Johannes de Ketham) (البندقية 1491) ثم كتب ج. بيليغ J. Peyligk (1499) وج. دي سبار J. Despars (1500) وم. هوندت M.Hundt 1501، ثم ج. ريش (1503 G.Reisch) هذه الكتب تضمنت خشباً محفوراً رخيصاً وساذجاً في مظهره . في هذه الرسوم عالج الفنان لغة ايقونية لم تعد لغتنا . ان هذه الزيلوغرافية (الحفر على الخشب) ، وهي تعيد ابراز نماذج كرسها العرف وارتبطت بمخطّطات تشريحية قديمة ، لم تهدف الى تحقيق صورة امينة للواقع . بل حققت رسيمات وايدوغرامات (رمز فكرة) لاعضاء يحتل فيها كل تفصيل قيمة رمزية .

وفي سنة 1518، زين الطبيب الالماني لورانس فريز (فريزن) (Lorenz Fries (Phryesen)) كتابه : سبيغل در ارزني (Spiegel der Artzny)، برسوم تشريحية بدت، من حيث مضمونها العلمي، قليلة الدقة كحال رسوم مغنوس هوندت (Magnus Hundt) 1501، ومع ذلك تبدو لنا اكثر ملاءمة. وهذا الاحساس يبدو ابرز في مواجهة لوائح جاكوبو برنغاريو Jacopo Berengario، 1522، حيث يبرز للعيان استبدال ـ تناقص ـ للرزمية في المحفورات الوسيطية بتقنية حديثة للرسم التشريحي. وبدت ايكونوغرافية شارل إتيان (Charles Estienne) اكثر غنىً، وان لم تكن افضل دائماً . فقد كانت تشكو من صراع بين نهجين ، إذ وُجِدَتْ رسوم بدائية ذات طابع تقني محشورة داخل تأليف فنان دقيق يتلذذ بدراسة مختلف اوضاع الجسم البشري تلذذاً مادياً .

وبلغ الفن الجديد كماله في اطلس كانانوCanano، 1541، وفيه بدت الرسيمات (زيلوغرافيا) وكأنها تتراجع امام المحفورات على النحاس، كما في كتاب فيزالVésale الضخم، 1543. وكانت الصور المتحركة ، تظهر العضلات والعظام في حالة العمل ، وكانت اخاذة في جمالها الاستثنائي . ولكن القيمة الفنية كانت تغطي احياناً على بعض الإعوجاجات . ولم يتحقق التثبت من ان الثورة الايقونية ، أو الانتقال من الرمزية الى الواقعية ، لم تقترن تماماً بتقدم المعلومات التشريحية ، إلا بعد مقارنة النص بالصورة . والتحليل الاستطرادي من قبل العلماء كان يأتي بعد التجربة الحدسية التي يقوم بها الفنانون اكثر مما كان يسبقها .

فيزال **(Vésale)** ـ تبرز حياة اندريه فيزال (André Vésale) (اندري ڤان ويزل Andries Van Wesel) الاسم اللاتيني بحسب العرف الانسني المغير الى اندريا فيزاليوس Andreas Vesalius) الصفة الدولية للنشاطات الطبية في القرن 16 . كان فيزال من اصل جرماني . ولد سنة

1514 في بروكسل حيث كان ابوه صيدلي الامبراطور. وتلقى فيزال ثقافة ممتازة كلاسيكية في مدينته التي ولد فيها ثم في لوفان، وبعدها درس الطب في باريس ولوفان وبادو. وفي هذه المدينة الاخيرة، وبين 1537 و1543، علّم التشريح بنجاح كبير وحَضّرَ لعمله العظيم. وبعدها ترك البحث ومهنة التعليم ليصبح طبيباً خاصاً عند شارل- كانت (Charles-Quint) ثم عند فيليب الثاني. ورافق فيزال الامبراطور في حملاته واكتسب معارف ممتازة في الجراحة. وعاش في بروكسل ثم في اسبانيا ومات سنة 1564 فوق الجزيرة اليونانية زانتي اثناء عودته من حج الى الارض المقدسة. واذا كان بالامكان الكلام عن اعجوبة فيزالية بسبب الظهور المفاجىء لتقنية عليا في التشريح ثم لتمثيل شبه كامل للاشكال التشريحية فيجب الاعتراف بأن هذا العمل يرتبط بممارسات مدرسة بادو، كما استفاد من التوجه الطبيعي للتلوين الايطالي.

والى حين وصول فيزال الى بادو كان يعاني من المصاعب في الحصول على الجثث، ومع الأسف، لم تكن اسطورةً حكايةُ انه سرق من المقابر، ومن المشانق في باريس وفي لوڤان جثث الاموات حتى يدرس هيكلها.

وفي كتابه تابولا اناتوميكا، الذي أعد ونشر سنة 1538، من قبل جان اتيان كالكار، (Jean Etienne Calcar) أحد تلامذة تيتيان (Titien)، انستيتوسيون اناتوميكا الذي وضعه غونتيه داندرناخ (Gonthier d'Andernach)؛ وكان فيزال في ذلك الوقت تلميذاً من تلامذة غاليان (Galien). وتحت تأثير معلميه الباريسيين تجاوز فيزال الخطوة الأولى خطوة العودة إلى المراجع الأصيلة الاغريقية ولكنه لم يجتز الخطوة الثانية أي العودة إلى الطبيعة بالذات. وكان يعلم أن غاليان لم يكن معصوماً من الخطأ، فكان يرى أن النظام الغالياني في مجمله هو نظام لا شائبة عليه، يكفي فيه تصحيح بعض التفصيلات. من ذلك مثلاً، أنه في لوحاته، صحح الوصف الكلاسيكي للساكروم (العجز) والفك (الذي كان يعتقد أنه ملحوم في وسطه) ووصف البروستات. وفي باريس سبق له أن اكتشف المصب الحقيقي للوريد الكبير الجامع [بين الوريدين الأجوفين]، وأثناء اقامته في لوفان، وأثناء تشريحه لجثة امرأة شابة، شاهد لأول مرة في تاريخ العلوم، الجسيم الأصفر المبيضي. وكانت السنتان 1539 و1540 المنعطف الحاسم في حياته. ففي الوسط الليبرالي في بادو، ولأول مرة حصل فيزال على وسائل كافية للتشريح.

واثناء محاضراته في جامعة بولونية (ايطالية) حيث دعي اليها في كانون الثاني 1540، ليقدم دروساً في التشريح، اطلق تحدياً حقاً ضد التشريح الغالياني. هذه الواقعة كُشِفَ عنها حديثاً بعد نشر مذكرات التلميذ الالماني ب. هسلر (B.Heseler) الذي كان يحضر محاضرات فيزال. لقد رفض فيزال، وهو يدعو الى اعتماد سلطة التشريح فقط، القول بان الكبد تتضمن خمسة تجويفات وانتقد ايضاً اراء اخرى لغاليان.

وطلبت دار النشر البندقية (دي جانت) ان يقدم ترجمة جديدة لاتينية للكتب التشريحيةالعائدة لمعلم برغام Pergame. وعاد ڤيزال الى المخطوطات الاغريقية وفهم ان غاليان لم يُشَرِّح على الاطلاق جثثاً بشرية ، بل انه طبق على تشريح الانسان الملاحظات الحاصلة من جراء تشريح الحيوانات . واثبت ان علم العظام الغالياني يعود الى القرد لا الى الانسان .

واذاً لا بدَّ من اعادة صنع كل التشريح البشري من جديد. انه مشروع جريء وضخم ولكن فيزال الذي قارب الخامسة والعشرين من العمر ولما يكد، انصرف بكل حماسه اليافع الى الامر. وبخلال ثلاث سنوات اعد الاطلس الجديد للكون الصغير:« سبعة كتب حول بنيه الجسم البشري » (نصف قطع) من حوالي 700 صفحة مع 300 صورة .

ورغم ان فيزال كان رساماً ممتازاً ، الا انه عهد بالقسم الاصعب من الصور (ايكونوغرافيا) الى رسامين محترفين يبدو أنهم كانوا يعملون في معمل تيتيان (Titien) وساعد فيها « جان اتيان كالكار » (Jean Etienne Calcar) بعبقريته . وأشرف فيزال بنفسه على كل أعمال الرسامين ، ولأسباب نجهلها أصر على إبقاء هؤلاء مجهولين . وتم حفر الألواح الخشبية في البندقية ، ثم نقلت الى بال ، حيث في سنة 1543 ، وفي مطبعة جان اوبورنيوس (Jean Oporinus) وتحت الرقابة الشخصية لفيزال ، صدرتأول طبعة عن « فابريكا » . وبعد ذلك بعدة أسابيع نُشِرَ مختصرٌ لاتينيٌ عن هذا العمل : « ابيتوم » . وتضمنت الطبعة الثانية من الأطلس الكبير ، المطبوعة في ذَات المدينة سنة 1555 ، صفحة جديدة للغلاف مصورة مع اضافات مهمة .

تضمن كتاب « هوماني كوربوريس فابريكا «Humani Corporis Fabrica» سبعة أجزاء . الاولان مخصصان للعظم والعضلات ويستحقان اهتماماً خاصاً بسبب اصالتهما وبسبب توجههما التعليمي . من لم يُعجب بالسلسلة الشهيرة من المسلوخات ومن الهياكل العظمية وهي في مختلف اوضاع الحركة . ومن بين التجديدات نشير الى رسمة العظم الاسفيني (Sphenoide) والرسغ (عظم المعصم). والمثل المذكور غالباً هو من غير شك رسمة عظم القص . فسنداً لغاليان يتألف هذا العظم من سبعة عظام . وفي « تابولا » (Tabulae) 1538 كان فيزال مع التراث . وكان سيلفيوس (Sylvius) قبل ذلك بقليل، قد لاحظ ان التشريح يكذب الرأي الغالياني ، ومن اجل انقاذ سلطة النصوص القديمة ، افترض وجود تضاؤ ل تقهقري في القفص الصدري عند الانسان، مع تضاؤل تدريجي في عدد اجزاء عظم القص . ولما راى اتيان Estienne ان القص في الجثث فيه ثلاثة اقسام لا سبعة، انسحب من الامر بمهارة مدرسية خالصة فقال: ربما كان غاليان Galien قد عدَّد الاقسام منفصلةً من الجهة اليسرى ومن الجهة اليمنى ، فاذا اضيف اليها الزائدة الغضروفية الرهابية يصبح عددها سبعة . وفوق لوحة من لوحات « فابريكا » قسم القص الى خمسة اقسام (وربما كانت هذه اللوحة هي الاقدم في الكتاب) ولكن في الرسم الخاص ، وكذلك في النص التفسيري بدت الحقيقة صارخة بيِّنة .

ويعالج القسم الثالث والقسم الرابع من الكتاب الاوردة والشرايين والاعصاب . ولم يحافظ على المستوى المرتفع الموجود في الفصول الاولى. فاكثر التجديدات مضللة . ومن بين اهم هذه التجديدات افكار عامة حول طبيعة الاعصاب .

أما الفصل الخامس والسادس فمخصصان للبحث في الاحشاء : احشاء المعدة ثم أعضاء القفص الصدري . وقد ورد وصف جيد جداً للامعاء ثم للمرارة في حين وصفت الكبد بشكل غير جيد وكذلك الطحال والكليتان والأعضاء التناسلية .

وقد وجد فيزال نفسه في وضع محرج : فهو مع تحرره من التشريح الغالياني ظل يقبل بالافكار القديمة حول الفيزيولوجيا، وهي أفكار ضللت ملاحظاته. وتعتبر بحوث فيزال في القلب ذات أهمية خاصة. إذ انطلاقاً من هذا العضو سوف تقلب الفيزيولوجيا الغاليانية . فقد اقترب فيزال من معرفة طبيعة القلب العضلية ووظيفته المحركة ، الا ان افكاره المسبقة حول حركات الدم والارواح منعته من الرؤية الواضحة . وقد لاحظ تواقت انقباض القلب (السيستول) مع تواقت النبض ، ولكنه كان مقتنعاً بان تمدد وتقبض القلب هما عمليتان سلبيتان ، ولم يستنتج من ملاحظته اي استنتاج مفيد . وانكر فيزالVesale «العظم القلبي» الذي قال به غاليان، واكثر من ذلك، لاحظ انعدام المسام بين الحاجز الموجود بين البطينين، وهذا امر مهم لفهم حركات الدم. وفي الطبعة الأولى من كتابه فابريكا، اكتفى ، بهذا الشأن ، باشارة ربما تكون ساخرة ، ولكنها بالتأكيد مترددة ؛ وفي الطبعة الثانية ، صرح بوضوح بعدم وجود هذه المسام . ولكنه اعترف بشرف بأن تفسيره للقلب ينسجم مع تفسير غاليان : « لا لاني اعتقد بأنه صحيح تماماً ، بل لاني أتردد في محاولة وصف جديد تماماً لوظائف القلب » .

واخيراً يشتمل القسم السابع على تشريح الدماغ ، ويعطي شروحات على تشريح الحيوانات الحية . ان وصف الجهاز العصبي المركزي هو بدون شك افضل ما في عمل فيزال : التمييز بين المادة البيضاء والمادة الرمادية ، ثم تمثيل ممتاز للبطينات وللغدة الصنوبرية وللحبيبات التوائم الاربع ، ثم الذنيبات (Pédoncules) الخ. أما الشبك الجميل (Rete Mirabile) الموجود في كتاب تابولا (Tabulae) فهو مرفوض نهائياً . ويشرح فيزال انه آمن لفترة من الزمن بوجود هذا التكوين التشريحي لانه عثر عليه عند تشريح الاغنام .

الا ان فيزال لم يتحرر تماماً من التشريح الحيواني. من ذلك مثلاً ان وصفه للوريد الاجوف ولفروع الشريان الاعور يتطابق مع أوعية القرد لا مع اوعية الانسان. أما العين التي يصفها فليست عين إنسان. وقد اخطأ حين قال بوجود عضلة تذهب من الرقبة لترفع الصدر ، وان الشرايين الدماغية تنتهي في التجاويف، وان المخاط يدرج من الدماغ الى الانف ،وان النخاع الشوكي يصل الى القناة العجزية الخ. اما لائحة الاغلاط فهي طويلة ولكنها يجب ان لا تنسينا ، كما يقول هنتشي، ان فيزال قد انحرف عن المفاهيم الغاليانية في اكثر من مئتي نقطة . فضلاً عن ذلك لقد غيَّر تغييراً جذرياً

تقنية التشريح وحسَّن في التعابير التشريحية. واليه يعود الفضل في ايجاد تعابير بسيطة مثل الحوض «والصمام الميترالي » « والمطرقة والسندان » .

خلفاء فيزال ـ رغم شدة بعض النقاد العضوضيين ، الذين اذتهم اللهجة غير الموقرة لتصاريح فيزال ، فان فضائل هذا الاخير لم تكن موضع شك . من المهم ان نشير الى ان الانتقادات لم تصدر كلها عن المدافعين الثابتين على محبة غاليان . بل الاقسى من ذلك ، ان فيزال قد انتُقِدَ من قبل كولومبوColombo الذي كان يخدم ذات المثال، والذي كان يأخذ على معلمه بعض النواقص وبعض الاخطاء الغاليانية ، اي توقفه في منتصف طريق التحرير الكامل للتشريح .

ظلت بـادو ، طيلة القرن 16 المركز العالمي للبحوث التشريحية ، رغم ان فيزال كان قد ترك هذه المدينة منذ 1543 . واتمّ تعاليمه ، في بادىء الامر ريلدو كولومبو (Reldo Colombo) ثم غـابريـال فـالـوبيـو (Gabriele Falloppio) ثم جيـرالـومـو فـابـريسيو (Girolamo Fabricio) داكوابندانتي (d`Acquapendente) معلم هارفي (Harvey) .

وبعد اقامة قصيرة نسبياً في بادو ، علم كـولومبـو (Colombo) التشريـح في بيزا وفي رومـا . وبفضل حس نقدي متطورٍ جداً ، وبفضل امكانية اجراء عدد كبير من التشـريحات ، استـطاع هذا المشرح العالم ان يصحح وان يكمل عمل فيزال حول عدة نقاط ، وخاصة في وصف مضمون القفص الصدري باستثناء الرئتين (« مدياستين » = المنصف)، والاغشية المصلية وعضلات الحنجرة والعين . وبيَّن كولومبو ان الدم يمر من الرئتين الى الاوردة الرئوّية ويصل اذاً بهذا الطريق من البطين الايمن الى البُطين الايسر من القلب. ووصف في فصل خاص المظاهر غـير الطبيعيـة للاعضـاء ، بحيث اصبح بعد، آ. بنيفيني (A.Benivieni) (1507) رائد التشريح الباتولوجي الطبي . وكتابه « دي ري اناتوميكا» (De re anatomica) (المنشور سنة 1559 ، بعد موت كولومبو) كان مقدراً جداً بسبب لغته الواضحة جداً والبسيطة . وكان ينقصه فقط الصور الايضاحية .

كان غبريال فالوبيو (Gabriele Falloppio) (فالوب) من مودين (Modène) الاستاذ في فرار (Farrare) ثم في بيزا (Pise) ثم في بادو (بعد1551)، محضر تشريح بارعاً ، وقد الَّف « الملاحظات التشريحية » (البندقية 1561). وكان بعد فيزال ، اشهر حرفي صناع للتشـريح الجـديد، ولم يخـطىء المؤرخ الالماني هيزر (Haeser) عندما أكد ان فالوب (Falloppe) تفوق على فيزال بدقة مـلاحظاتـه وبعدد اكتشافاته. فقد وصف حبل الطبلة ، والاقنية النصف دائرية في الاذن الداخلية ، والتجـويف الاسفيني (Sinusphénoide)، والقناة المهبلية ، الخ. وقد لاحظ فـالوب ،وهو يصحّح فيزال ، ان الشـرايين الـدماغيـة لا تنتهي في التجاويف ، وان النـطفة البشـريـة ليس لهـا حـويصلة مشيميـة (allantoides، الخ. وأقر التشابه في الاعضاء التناسلية بين الـرجل والمـرأة . واخيراً ، كـان الاول بالكلام عن تشريح الاقسام المتشابهة ، مستشعراً بالتالي فكـرة النسيج . وأسس خليفتـه على كـرسي التشريح في بادو ، فابريسيو داكوباندانتي ، مـدرج التشريح في هـذه الجامعـة ، واعد اطلسـاً عظيـماً

بالالوان للتشريح المقارن (ما يزال حتى الآن بشكل مخطوط) ، وعلَّم الدراسة المنهجية لعلم النطفة ووصف الصمامات الوريدية .

وكان هناك عالم بالتشريح من مستوى فيزال وفالوب ، يعمل دون اتصال بمدرسة بادو : هو بارتولوميو استاشي Bartolomeo Eustacchi (استاش) استاذ في جامعا سابينزا Sapienza في روما ، وكان انسانياً ذا علم موسوعي نادر ، وبذات الوقت طبيباً ومشرحاً . فعدا عن العديد من الاكتشافات عن طريق التشريح وفقاً لاسلوب فيزال (القناة التي تحمل اسمه ، عضلات المطرقة والسندان ، الغدد الكظرية (فوق الكليتين)، الخ). دشن هذا العلم « آناتوميا ارتيفيسيوزا وسبتيلوس (كما اسماه مؤلفو القرن 17) أو تشريح الانسجة ، الذي اراه التركيب الدقيق للاعصاب وللنسيج الكلوي .

نشير أيضاً الى مدرسة بولونيا بقيادة قسطنطين فاروليو (بحوث حول الدماغ) وجوليو سيزار ارانزيو (Giulio Cesare Aranzio) وكان في عصره عارفاً لا يبارى بالتشريح الجنيني)، والى مدرسة فرار بقيادة كانانو، والى مدرسة نابولي بقيادة جيوفاني فيليبو انغراسيا (Giovanni - Filippo Ingrassia) (أستقصاءات عظمية ، اكتشاف الحويصلات المنوية الخ)، ومدرسة بيزا مع غيدو - غيدي (Guido guidi) (فيديوس) استاذ قديم في الكلية الملكية في باريس (وخاصة البحوث حول عظام الجمجمة)؛ وخارج إيطاليا يشار الى مدرسة مونبليه مع غليوم روندلي (Rondelet) (الذي أسس سنة 1556 مدرجاً للتشريح، كما كان مدققاً بارعاً واصيلاً) ومع اندري دي لورنس (André du Laurens)، وكذلك مدرسة بال مع فليكس بلاتر (Félix Platter) وتيودور زونجر (Theodor Zwinger) وغاسبار بوهين (Gaspard Bauhin) .

وظلت باريس لمدة طويلة قلعة الغاليانية . في هذه المدينة لم يزدهر الاتجاه الجديد في البحوث التشريحية الا بخلال القرن اللاحق. واذا كانت كلية الطب قد حاربت كل تجديد، فقد كان الاطباء يفضلون الحس السليم وشهادة العين المباشرة على التعليم التقليدي . وكانوا يشرحون بوعي دون أن يصلوا مع ذلك الى اكتشافات مهمة. ونشرت اعمال باري (Paré)، وبصورة خاصة كتابه « الاناتوميا الشاملة للجسم البشري » (1561) افكار فيزال لدى الممارسين. وعلى الرغم من أن كلية الطب في باريس، احتفظت حتى نهاية القرن بموقف تقهقري تجاه البحث التشريحي ، فان احد اساتذتها، جان فرنل، هو الذي،بعيد 1542، اطلق الجملة الجميلة التي كثيراً ما كررت من بعده: ان التشريح ضروري للطب كضرورة الجغرافيا بالنسبة الى التاريخ .

II - الفيزيولوجيا

الفيزيولوجيا عند فرنل Fernel - في سنة 1542 ، نشر الأستاذ الباريسي جان فرنل كتاب « دي ناتورالي بارتي ميديسيني » ، . وكان أول دراسة (مونوغرافية) وافية حديثة حول « الفيزيولوجيا » . وابتكر فرنل الكلمة ، وفي الطبعة الثانية من الكتاب المذكور ، استخدمها في العنوان الجديد :

« اونيفرسا مدسينا ليبر بريموس : فيزيولوجيا ليبري سبتم » (باريس 1554) . وفي الترجمة الفرنسية اصبح العنوان : « الكتب السبعة حول فيزيولوجيا الطبيعة-الانسانية » . وكمدخل الى الطب ، يهدف كتاب « الفيزيولوجيا » الى درس الانسان بالنسبة الى « الأمور الطبيعية » (رس ناتورالي Res naturales) لتمييزها عن « الأمور الطبيعية وفوق الطبيعية » (رس براتر ناتورام وسوبر أناتورام) . Supra naturam, res Praeter naturam . وقد حدد كهدف للفيزيولوجيا المعرفة : « حول طبيعة الانسان السليم ، وقواه ووظائفه » . ان فيزيولوجيا فرنل تختلف تماماً عن الباتولوجيا وعن الدراسات العيادية ، وهي لا تنفصل عن التشريح وعن السيكولوجيا . وهذه الفيزيولوجيا تدخل في علم أناسة (انتروبولوجيا) نفسي وجسدي ، وفيها لا يمكن درس الجسد بدون النفس ، والشكل بدون الوظيفة .

وبعكس فيزال ، الذي فتح حقبة جديدة في البحوث التشريحية ، يمثل فرنل ذروة النظرية القديمة اكثر مما يمثل بداية مقاربة جديدة في دراسة الوظائف الحيوية . وقد اشتقت العبارة اشتقاقاً الا ان العلم الجديد لم يتكون رغم ذلك .

واليوم يبدو لنا عمل فرنل وكأنه الجهد الاخير الكبير، المبرر تاريخياً ايضاً . من اجل بناء نظام فيزيولوجي استنتاجي غائي ، مرتكز على معاني النوعية ، ومتجاهلاً أساليب التجريب الكمي. ان فرنل يرى بأن النفس هي المبدأ وهي السبب في كل وظائف الكائن الحي . فالنفس « بقدراتها الطبيعية » تحرك الجسد، وتهضم الاغذية الخ. و« الانفاس » او الانسام (= الارواح) تستخدم كواسطة بين النفس والاعضاء :«فالانسام الطبيعية » تساهم في التغذية وفي النمو ، اما الانفس الحيوية فتنعش حركة الدم والنبض والتنفس. اما « الانفس الحيوانية » فتجعل الحركات ممكنة ، حركات العضلات والادراكات من خلال الحواس. في هذه الشبكة العامة تدخل بدون صعوبة ، العقيدة الكلاسيكية حول العناصر ، والصفات ، والامزجة ، والطبائع . ان علم التشريح يبدو ، من حيث المبدأ، كأساس تفسير عقلاني للوظائف الفيزيولوجية الكبرى، ولكنه، في الواقع مرتبط باحتياجات تفسير غائي عالي التأمل. وظل غاليان المعلم الاكبر. واذا كان فرنل، في كتابه الفيزيولوجي قد ذكر غاليان 18 مرة فانه استند الى ارسطو ثمان وثلاثين مرة .

ولم يكن التشريح ، بمفرده قادراً على التغلب على العقبات العلمية المعرفية التي كانت تقطع الطريق امام الفيزيولوجيا . لقد شاهدنا تردد أمثال فيزال عندما يتعلق الامر بمعارضة غاليان في مجال يتجاوز علم الشكل(مورفولوجيا) . ومع ذلك فقد كان لديه فكر انتقادي ممتاز ، واكثر من ذلك ، كانت له تجربة اكيدة في علم تشريح الحيوانات الحية . وقد درس فيزال على الخنازير الحية ، وظيفة الاعصاب ومارس حتى استئصال الطحال تجريبياً . اما كولومبو، فقد خصص في كتابه التشريحي فصلاً للتشريح على الحي ؛ وهنا أيضاً وردت ملاحظات حول القلب والدماغ والدورة الرئوية عند الكلب .

واجرى غيدو غيديGuido Guidi، وف. كواتر V. Coiter وغيرهما ، تشريحات حيوانية على الحي .

واستخدم فرنل بنفسه مثل هذه الوسائل كما دلت على ذلك تجربته حول تواقت الانقباض القلبي والنبض .

العقيدة القديمة والاتجاه الجديد ـ ظلت الفيزيولوجيا ذات الاستلهام الغالياني العقيدة السائدة طيلة القرن 16 ، ولم تكن فيزيولوجيا بالمعنى الحديث للكلمة بل نوعاً من الانتروبولوجيا (علم الاناسة) الغائية التي تشكل فيها الأحداث(البسيشية)النفسانية عناصر فيزيولوجية بالمعنى الضيق للكلمة . وعبر المغامرة الوسيطية تقلصت الغاليانية نوعاً ما ووصلت الى القرن 16 مع مزيج كبير من الارسطية .

واذا كان فرنل هو أعلى تعبير عنها، فان المؤلفات العلمية الدينية ، بخلال الحقبات الوسيطية المتأخرة جداً ، مثل « دي ناتورا هومينيس » للاسقف نمزيوس (Némésios)، قد تمتعت دائماً بمكانة قلّما مست ؛ وقد أعيد طبعها عدة مرات واستعملت ككتب متداولة .

ولم تؤد المعرفة الافضل للمورفولوجيا (علم تشكل الحيوانات) الداخلية للانسان الى اعادة النظر بالوظائف الجسدية ، بصورة مباشرة . اما التيارات التجديدية فقد نشطتها عوامل اخرى . وفي فجر الفيزيولوجيا الجديدة ظهرت في البداية بواكير الطب التجريبي والتأملات حول النظام الكيفي في مؤلفات نقولا دي كوي (Nicolas de cues)، ثم البحث عن تفسيرات الحيوية الميكانيكية (بيومكانيك) التي ظهرت اثارها موزعة في مذكرات ليونار دا فنشي Leonard de Vinci، ثم اشعاع الأفلاطونية الحديثة ، ومفاهيم جديدة للخيمياء بشأنها وضع باراسلس هجوماً عنيفاً ضد عقيدة غاليان .

وقد سبق في القرن 16 ، ان قامت حملة جادة ضد النظام القديم لدورات الدم والارواح . ان مرور الدم من النصف الايمن الى النصف الايسر من القلب عبر الرئتين قد وصفه سرفيتو ـ 1553) (Serveto) ثم كولومبو (1559)، ثم فسره سيزالبينو (Cesalpino – 1571) في اطار نظرية حول « الدورة الدموية » أعم انما مبهمة نوعاً ما . ومن الممكن ، عن طريق الباغو (Alpago)، ان يكون بعض العلماء الايطاليين قد عرفوا معلومات ابن النفيس وهو يتكلم عن مرور الدم بالرئة[1] . ولكن باجل (Pagel) اثبت ان اعتبارات فلسفية لعبت في صياغة هذه الرؤى الجديدة، دوراً على الاقل لا تنقص اهميته عن اهمية الملاحظات التشريحية .

ونحن مدينون لباراسلس (Paracelse) بالعقيدة الوحيدة المتماسكة والتي تتعارض تماماً مع الفيزيولوجيا الكلاسيكية . ان الفيزيولوجيا الباراسلسية ، المشبعة بالتصوف وبالخيمياء وبالتنجيم ، لم تكن تتميز ، برأينا ، الا بفضيلة واحدة حقة : هي الاصالة . اذ لم تعد العناصر القديمة والامزجة تعتبر المكونات النهائية للمادة وللجسم البشري، بل كأجسام مركبة . واصبح « الكبريت » و« الملح »

(1) راجع المجلد I ، القسم الثالث ، الفصل 2 .

خيميائي ، يتناسب اكثر مع المبادىء : « الاحتراق » ، و« التبخر » و« الصلابة »، لا كمواد بالذات .

و« الزئبق » تمثل العناصر الثلاثة الخيميائية التي تشكل ركيزة الطبيعة . ويجب فهم هذه الكلمات بمعنى

والقوة اهم من المادة . والـروح تتحكم بالحيـاة وليست الامزجـة . ومفهوم « الـروح » [اسم اطلقه الخيميائيون على مبدأ الحياة]وهو نوع من الرُوح تتحكم بالوظائف الحيوية ، ثم نوع من الفلسفة النجومية المعقدة وأخيراً افتراض سلسلة من «الانتيا » (الكينونات) تطبع الرؤ ية البـارسلسية بـطابع الحتمية العضوية المندمجة في نظام كوني .

وكان التأمل الاكثر اضلالاً يحاذي تجريبية مبشرة بالخير. وهكذا ، ومع الباراسلسيين حل الوزن والفحص الكيميائي للبول محل النظر اليه الذي كان سائداً في القرون الوسطى .

وسنداً لديبجن (Diepgen)، اضاف باراسلس الى النظرتين الكلاسيكيتين في الفكر الوسيطي [(« مادية » العقيدة المزاجية و« ميكانيكية » الذرية (من ذرة)]. اضاف مفهوماً ثالثاً هو « الديناميك

إلا ان تيـودور زوينغـر (Theodor Zwinger) عندمـا كتب سنة 1580 (تقـريبـاً) كتـابـه : « فيزيولوجيا مديكا » (طبع سنة 1610) كانت أهم مصادر علمه ، ودائماً ، غاليان وابن سينا

الحيوي » او التفاعل الحيوي . وبهذا الشأن لم يعد المعتقد الغالياني، في القرن 16، هو المعتقد الوحيد الممكن لدى الاطباء .

الفصل الرابع :
فن الشفاء

I ـ تطور عقيدي وانتشار تعليمي

الاصول الميتافيزيكية للمرض ـ تجددت الدروس القاسية في الباتوجنية (تولد الامراض) المقدسة ، التي سبق ونص عليها العهد القديم ، في العالم المسيحي ، متجسدة في أعين الجماهير من خلال الزينات التي تتناول العجائب الوسيطية : في الافريزات (Frises)، وعند أقدام « الاب الازلي » ، وسكان السماء السابعة والملائكة والقدسيين ؛ وعلى المسرح، البشرية المعذبة والخاطئة : وفي الاسفل يفتح الجحيم فمه الملتهب بشياطينه ومجرميه . ومن طبقة الى طبقة تتعدد العلاقات . وبيد منتقمة يرسل العلي القدير العجائب والمصائب . وفي الوحوش استشف امبرواز باري (Ambroise Paré) علامات « غضب الله » . وكثر القديسون وهم خلفاء الالهة المحلية الصغيرة ، وورثة العبادة التي اصبحت مسيحية ، عبادة الاشجار والاحجار والمياه(وخاصة المياه الحارة)، هؤلاء القديسون المتخصصون المعينون من قبل التراث الشعبي أو الاسطوري لرعاية المرضى والحجاج اعطوا او ابرأوا من الأمراض .ومن الجوزاء اخذت الكواكب تصب على الاحياء حممها الدورية . وعلى الارض اخذ السحرة، وهم رسل القوى الأرضية، ينفثون لعناتهم . وبعد أن اصاب الطاعون جنيف ارسل كالفن (Calvin) الى المحرقة اربعة عشر مسكيناً بتهمة اثارة الطاعون بفضل تعزيماتهم . وقامت الجحيم وانتصبت مع الجن والشياطين الذين يحرضون الناس على المعصية : الا يقول الرسول بولس (الرومان 5 ـ 2) ان الخطيئة هي التي ادخلت المرض والموت الى العالم . وربط الانتقالُ الخفيُ بقايا السحر البدائي بصنع المعجزات المسيحية واساطير التراث الشعبي، على هامش التأملات العقلانية في العلم المدرسي . وقام بعض الأطباء الاسبان والطليان والفرنسيين ، مثل لويس لوبيرا دافيلا (Luis Lobera d'Avila) وج . ب . سيلفا تيكو (Silvatico) وف . رانشين (Ranchin) ، يصرون على الهامهم الديني ويدعون الى طب كاثوليكي .

الارث الغالياني اليهودي العربي وحركة الانسنة ـ يتألف القسم الاعظم من التراث الطبي من مخلفات الحضارة العربية : فهناك من جهة ترجمات اسحاق، وعلي بن عباس، وأبقراط وغاليان على يد قسطنطين الافريقي . ونقلت هذه التراجم بفضل مدرسة سالرن . وهناك من جهة اخرى

ترجمات الرازي وابن سينا وابو القاسم Abulcasis ، على يد جيرار دي كريمونا Gérard de Crémone ومدرسة المترجمين في طليطلة وقد تعدد اولئك الذين يطببون وفقاً لكتب ابو القاسم او كتابات ابن سينا الذي ظهرت اول طبعة لاتينية له في ستراسبورغ سنة 1473 والذي اعيدت طباعة كتبه سنة 1527 من قبل الجنت Junte . وفي سنة 1593 نشرت مطبعة آل مدسيس Médicis في روما طبعة فخمة لكتاب القانون لابن سينا بالصيغة الاصلية . ولكن اذا كان الطب الاسلامي قد لقي بعض المؤيدين في شخص لورانز فري Lorenz Fries (الدفاع عن ابن سينا، ستراسبورغ 1530) وب. انجر دي توبنجن B.Unger de Tubingen (الدفاع عن الطب العربي 1533) ، فمنذ 1492 على يد ليونيسينو Leoniceno (الطب العربي)، أخذ هذا الاخير يُجَرِّحْ اخطاء ابن سينا ، وبعد ذلك جاء سانفوريان شانبيه Symphorien champier يشهّر « بالكتاب العرب الذين زوروا عقيدة الاغريق».

الا ان المصادر الاغريقية لم تكن مجهولة . فقد عاد الصليبيون من الشرق ببعض المخطوطات الثمينة والكنوز النادرة التي اخذ الانسانيون في جمعها وتوثيقها والاكثار من نصوصها الاصيلة يساعدهم في ذلك ما حصلوا عليه من تراث بيزنطي ومن ترجمة لهذا التراث. وعمد ليناكر Linacre الذي حاول ان يترجم غاليان ، الى تصحيح عباراته على يد معلمه وصديقه غليوم بودي (Guillaume Budé). وفي باريس تخصص الاسقف غليوم كوك بلغة الهلاديين (اليونان) . وفي الكلية الملكيه اخذ غيدو غيدي (فيدوس) ولويز دوري ،(Louis Duret) وفي الكلية اخذ جون غوريس (Jean de Gorris) وجان هوليه (J.Houllier) في شرح أبقراط ، وعلم غونتيه اندرناخ (Gonthier d'Andernach) اليونانية الى لوفان (Louvain). وقدم جيوفاني كريستون (Giovanni Crestone) كتابه القاموس اليوناني اللاتيني (1499) الى الطلاب المتهلئين ، وقدم بيار جيل دالبي (Pierre Gilles dAlbi) أيضاً « قاموساً » يونانياً لاتينياً ، (1532) . ثم جاء بعده ونوف عليه كتاب أونوماستيكون ميديسينا (Onomasticon Medicinae) (لاوتو برانفلز (D'Otto Brunfels) (1534) . وبعده أيضاً القاموس الطبي ، (1564) ، موجز بالمترادفات الطبية اليونانية واللاتينية لمؤلفه هـ اتيان .H) Estienne) دون أن نحسب كتاب كنز اللغة الاغريقية لنفس المؤلف (1572) ، وهكذا بدا الطب في عصر النهضة كطب لغوي .

وقامت المطبعة تسد النقص والندرة في المخطوطات فعملت على اكمال نشر المعرفة . وجاءت كتب سلس (Selse)، سابقة على غاليان ، طبعة سنة (1478)في فلورنسا. وقامت مطابع الدي (Alde) في البندقية، ومطابع اوبورينوس (Oporinus) في بال (Bâle) وفي ليون مطابع تريشسل (Trechsel)، ورويه (Rouillé). . ومطابع مارفيف (Marvif) في بواتيه ، وويشل واتيان (Wechel et Estienne) في باريس، ومطابع بلانتان (Plantin) في انفرس (Anvers). وخرجت من هذه المطابع هذه الطبعات الجميلة المصورة المزودة باللوحات وبالفهارس التي تجعلها مفيدة وسهلة للمراجعة ، وتضع في متناول الجميع النصوص الكلاسيكية المصححة وغير المشوهة او المحرفة من قبل النساخ اليهود والفرّيسيين كما قال فيها بعد غي باتان (Guy Patin) « حثالة الزخرفة » وكان رابليه (Rabelais) مبتدئاً في الطب سنة (1531) ولكنه نال الشهرة عندما شرح أبقراط امام طلاب مونبليه سنداً لدروس غير منشورة اخذها عن مخطوطة اغريقية اكتشفها واعاد طباعة «افوريسم»

(Aphorismes) في ليون في مطبعة غريف (Gryphe) سنة (1532)، ثم مَجّدَ جهود جيوفاني ماناردي (Giovanni Manardi) من فرار من اجل العودة الى الاصل الاغريقي الصافي؛ وقدَّم للطبعة الثـانية من المجلد الثاني من كتابه ابستولا مديسينال (Epistolae Medicinales) التي خرجت في نفس السنة من نفس المعمل .

اما الذين لا يفهمون لغة هوميروس ،فقد كان امامهم العديد من الترجمات الى اللاتينية . وعن الافوريسـم لأبقـراط لن نذكر إلا تـرجمات ت. غـازا Th. Gaza (البندقية 1493)وترجمـات ليونسينو Leoniceno (فرار 1509) . ومن أجل التوجه الى عمل المعلم اقترح أ. فوز A.Foës، ود. بومي D.Pomis وغيرهما فهارس وسجلات ، واعد جـانوس كورناريوس (Janus Cornarius) ترجمة جيدة للمجموعة الأبقراطيـة (البندقية 1545) ، وفي حوالي اواخر القرن ظهرت الطبعة اللاتينية الضخمة (فرانكفورت1595) التي خصص لها انيس فـوز (Anuce Foes) كل حيـاته واعـطى غوتيـه داندرناخ (Gonthierd'Andernach)كتـاب بول ايجـين (Paul d'Egine) وعنوانـه دي ري مديكـا (De re medica) (1532) . واما كتاب غـاليان المسمى مـوتومسكـولورم (Motu Musculorum) ، فترجمه ليونسينو(Leoniceon) ترجمة لاتينية أولى ولكنها نشرت فيها بعد في لندن من قبل ليناكر (Linacre) .

وقد يحدث ان يتضمن النص الاساسي غموضاً : وهنا يتوجب جعل المؤلف منسجماً مع نفسه او مع أراء الكتاب الاخرين المختلفة عن ارائه .وحاول أندريه لاغونا (Andrés Laguna) ان يوفق بين ابقراط وغاليان في كتابه المسمى ابيتوم (Epitome) (ليون 1553) . وقد راجعـه جـون بليتيـه (J.Peletier)في كتابه المسمى كونسيلياسيون لوكوروم غاليني (De conciliatione locorum Galeni) (باريس 1560) . وهكذا تراكم نقد النقد وتأويل التأويل أو شرح الشرح ، وهو عمل تعليمي مسبوق منذ زمن بعيد من قبل الشراح العرب واليهود ، يدل على براعة المدرسين .

ومن جهة اخرى لم يتـورع علماؤنـاعن تزين هـذه المحاضـرات الناشفـة تقريباً ببعض الاراء الكيفية: ترجم جون غوريسJean de Gorris وجاك غريفنJacques Grévin شعراً كتاب « ترياق » لنيكاندر Theriaca Nicandre ،واضيفت الى الترجمات من اليونانية الى اللاتينية، والى نشر النصوص الكلاسيكية باللغتين الاغريقية واللاتينية ، ترجمات ومقتطفات باللغات الدارجة. واذا كان باراسالس Paracelse قد ارتكب فضيحة في بال حينما أحل الالمانية محل اللاتينية في محاضراته وخطاباته ، فقد بـدت اسبانيـا أكثـر تـاهلاً . في سنة 1551 ، ظهر في فالادوليد Valladolid كتاب اناتوميا الانـسان بقلم برناردينو مونتانا Bernardino Montana من منسرات Monserrate. وكتب لاغونا Laguna في انفرس ، سنة 1555، ترجمة لديوسكوريد De Dioscoride باللغة القشتالية . وفي سنة 1559 ظهرت نسخة في روما ، باللغة الايطالية عن « تاريخ تركيب الجسم البشري » للاسباني فالفرد .

وفي فرنـسا أيضاً وقع التحرر . فطالب سبستيان كولان (Sébastien Colin)وجاك غريفن -Jac)

(ques Grévin) باستعمال اللغة الفرنسية حتى في الطب . وفي ليون نشرت ترجمة فرنسية لمختلف كتب أبقراط وغاليان وأوريباز . وأقدم ترجمة فرنسية مطبوعة عن افوريسم (Aphorismes) لأبقراط هي ترجمة جهان براش (Jehan Bréche) (باريس 1550) ، وقد أعيد طبعها عدة مرات . ويلحق بهذا تأليف جان بوميه Jean Bomier الذي نشر في نيورت Niort سنة 1596 ، « شرح المأثورات بالشعر الفرنسي » . وكان جوليان بيري (Julien Béré) ضد هذه المحاولات (1572) .

واذا كان مقبولاً القول بان جون كانابي Jean Canape قد جدد كتاب « الجراحة » لغي شولياك Guy de Chauliac خدمة للرفاق الجراحين، واذا كانت « المدرسة » تملأ رؤوس الحلاقين بالفرنسية ، فانها كانت ترفض على الاطلاق اباحة العلم باشاعته بين الناس . فقد كانت ترفض لعدم الكفاءة ، وللمساس بحقها الحصري في التعليم ، هذا الوقح امبرواز باري Ambroise Paré، هذا الحلاق الذي يزعم لنفسه انه جراح طويل الباع والذي يعلم فنه خارج منبره ex- Cathedra وحتى ينظمه شعراً، ولكن انتاج باري Paré، المتقن اثار حفيظة الدكاترة .

ان الطب الابقراطي الغالياني - وقد دعا له في انكلترا ليناكر Linacre، وفي باريس ج . بايو (Baillou) وج . غوريس (J.de Gorris) ودوريت (L. Duret) ول . جوبرت (L.Joubert)، وفي ليون س . شامبيه (S. Champier)، وفي إيطاليا ن . ليونسينو (N. Leoniceno) ، وبولو جيوفيو (Paolo Giovio) ودافيد دي بوميس (Pomis) - ظلّ شائعاً بثلاثيته المزاجية (الدم ، الصفراء ، الاطربيل او السوداء والنخام او البلغم) وبعقيدته التي تربط بين الامزجة وسوء تكون الدم وتفاعله (ديسكرازي) . وتصوره لتصنيف الامراض والامزجة الآثمة التي ، من مرحلة الفجاجة ، تنتقل ، في الايام العصيبة ، الى امزجة الاطعمة والاخراج الفجائي بتأثير من الطبيعة المطببة (Natura Mediatrix) . ما لم تنقل بحظ تعيس الى نقطة اخرى من الجسم ، فتحدث فيه تغييراً في مركز المرض . والى هذا تضاف العلامات الدالة على المرض والتي تنبثق عن هذه الانفعالات . وعلى كل ، واجهت النظرية المزاجية خصماً قوياً : باراسلس Paracelse ، طبيب من اصل سويسري اراد ان يستبدل الثلاثية الكلاسيكية بالمبادىء الخيميائية الثلاثة : الكبريت والملح والزئبق . وتصور باراسلس ان كل الامراضية (الباتولوجيا) متعلقة بتفاعلات كيميائية معروفة يومئذ ، ولكنه اعطاها تفسيرات احيائية .

بقاء التنجيمية او الايمان بالعلوم الخفية - على هامش الانظمة العقلانية تولدت من جديد ايحاءات التنجيمية . وهي قد ترسخت لدى الاطباء اليهود . وجدت صداها عند باراسلس وفي الصوفية في الروح الالمانية، كما بهرت عدداً لا يستهان به من الاطباء الفرنسيين والايطاليين والاسبان . وظل دماغ كاردان (Cardan) سابحاً في احلام افلوطين ؛ وفي فرنسا لم يكن شامبيه (champier) بعيداً عن كتابات مارسيل فيسان (MarsileFicin) . وفرنل (Fernel) بذاته استسلم لجذب السحر والغموض . اما الرأي العام الشائع فانه لم ينصرف ابداً عن العلاقات بين العالم الصغير اي الانسان ومجمل الكون : ليس فقط من خلال الاطار المناخي الذي عالجه أبقراط ، بل وايضاً من خلال

الاحداث الفلكية والفصلية التي تنظم ، مع اشغال الكرمة والحقول، الحياة النباتية والحيوانية، كما تنظم مجرى النسغ والدم . واذا كان التراث الشعبي يؤمن بالتنظيم سنداً للاهلة والفصول والتواريخ المؤاتية من اجل الحجامة او الفصد والتطهر والاستحمام وحلق اللحيه والشعر ، فان رجال الفن لا يعارضون في ذلك . ان هذه المبادىء وقد جمعت في كتاب الأدرلسمان حول التعويذات القديمة الألمانية هي مقبولة لدى السلطات الروحية . يقول الاخ لويس دي غريناد (Louis de Grenade) بان المد الكواكبي هو أحد الفعاليات في «المناطق الاولية» الطبيعية ، وان القمر يحدث نوعاً من «التخريب» في الجسم البشري، «وبخاصة في المرضى وذلك عند تمامه ومحاقه وعند كسوفه». وكذلك يقول كالفن (Calvin) هناك «نوع من العقد بين الكواكب واحوال الجسم البشري» . وهكذا تتحكم الظاهرات السماوية بالمرضية العامة : ويعزو جاك بلتيه (Jacques Peletier) في كتابه (الطاعون 1563) الطاعون الى توافق اتصالي بين زحل والمشتري . ويقول جيهان اسبين (Jehan de l'Espine) ان مذنب 1533، ولّد فناءً في عدة أمكنة . ومن جهة اخرى تتأثر الاحشاء ، داخل الفرد بما يقابلها في الكواكب . فالقلب محكوم بالشمس ، والدماغ محكوم بمجرى القمر . أما زحل البارد فيتحكم بالسوداويين وبحكم انه ناشف يتحكم بالبخلاء ؛ والقمر بحكم انه رطب فهو يتحكم بفيزيولوجية المرأة . أما الزهرة فتدفع باتباعها الى الاباحية واما المرّيخ فالى الشجاعة والشهامة . ثم ان طابع هذه العلاقات الكوكبية تبدو ظاهرة في بعض الاشخاص وعليهم سماتها . وقد توسع فيليبو فينيلاً Filippo Finella في هذا الشأن ، وخاصة في خطوط اليد . وعرف العلم العجيب «أو «التبصير» Chiromancie ذروة ازدهاره في القرن 15 و 16 مع برثولوميو ديلا روكا Bartolommeo della Rocca الملقب بكوكلس Coclès (شيرومانتيا . . . اناستازي Chyromantiae... anastasis ، بولونيا 1504) ، ومع جان انداجين Jean d'Indagine، (1522) ، الخ . في الكف تتسجل في تصميم مختصر للجسد مقابلات الصعد الثلاث الفكرية والكواكبية والبدائية التي تتحكم بالاحشاء .

وكذلك الحال فيما خص الفراسة والزي الخارجي العام للجسد. لا نقول أنّ هذه المعطيات لا تستحق الاهتمام ،فالإيماء والمواقف تقدم للملاحظة الطبية معطيات ايجابية : فقد حاول ج. غراتارولي (G. Grataroli من برغام (1554) والنابوليتاني ج.ب دلا بورتا (J.B. della Porta) ان يعودا بالفراسة الى السميوتيك (علم العلامات والمؤشرات). لقد صور قلم ليونار دا فنشي العجز الهرمي ، ومن حركة اعصاب الوجه ، التي تعبر بها عن نفسها المشاعر الاخلاقية استخرج تقطيب الوجه .

ولكن يجب ان لا نكتفي باستخراج الاستنتاجات الفيزيولوجية المرضية من الشكلانية (مورفولوجيا) او من بعض ما يمكن ان تتضمنه الخطوط الجسدية ، ان الفراسة هي فن تنبؤي ، وهو مأخوذ عن تراث فارسي نقله العرب ، وعن عادات قديمة صينية وهندية سابقة جداً على العصر المسيحي . وقد استعاد ميشال سكوت (Michel Scot). هذه العادات والاحلام في القرن الثالث عشر ثم اخذها في القرن 16 جان انداجين (Jean d'Indagine) وضمنها كتبه . كما ضمنها كاردان في كتابه «ميتوبوسكوبيا» . والخطوط المطبوعة على الوجه لا تحكم فقط حاضر الفرد بل وتتنبأ بمصيره المستقبلي

II ـ العلاماتية (السيميائية) وعلم تصنيف الأمراض (نوزولوجي)

الفحص العيادي ـ التعليم في « الكلية » كان نظرياً . فبعيداً عن المنبر (ex Cathedra) كان المعلم يقرأ ويشرح ويناقش نصاً لأبقـراط او لغاليان ، أو نصاً حـديثاً : اذ اتيح لفـرنل.(Fernel) في حيـاته شـرف ان يرى كتـاباتـه تطرح للمنـاقشة في المـدارس . وفي بادو فقط كـان ج . ب . دل مونتي (G.B.del Monte) يعطي تعليمه عيادياً بالمعنى الصحيح للكلمة ، اي فوق سرير المريض . اما، في غـير هذا فقـد كان عـلى المتخرج ان يلتحق بـأحد الاطبـاء يتبعه في ممارسته ، لكي يمهـر في فحص المرضى . هناك أولاً التفحص : تكـوين الجسم العام ، حـالة الجلد والاغشيـة المخاطيـة ، وغيرهـا بالفحص المباشر او الوسائلي (فالكاسر (Dioptre) الذي وضعه بول اجين (Paul d'Egine) سوف يعود اليه ويعدله ب . فرانكو P.Franco وآ . باريA.Paré)؛ الجس لمعرفة حالة الحرارة او البرودة ؛ وتيرة النبض، اتساعه وتواتره (ولم يكن تواتر النبض قد حسب بعد)؛ واذا كان الاطباء يومها لم يجهلوا ابداً التتابع الأبقراطي، فانهم لم يتوصلوا الى فحص الصدر بالسماعة ، الامر الذي انتظر مجيء « لانك »Laennec . وبصورة خاصة كانوا يعتمدون على فحص الاخلاط : الدم لمعرفة لونه وسرعة تخثره بعد الفصد ؛ الافرازات : البصاق ؛ القيء ، البول، وكان الطبيب يدقق في خصوصياته الفيزيائية ناظراً اليه بعينيه ، بحركة شبه اعتيادية كما يتفحص الوعاء او الماتولاMatula الذي جعله رسام « كتاب الساعات » العائد الى آن دي بريتانيا d'Anne de Bretagne بيد القديس داميانDamien . من هذا الفحص هناك عدة استنتاجات ، بارعة الى حدٍ ما او تخمينية، اذ قد يحدث ان لا يتقدم المريض الى الطبيب ليفحصه الا من خلال بوله المجموع في وعاء يرسله مع رسول خاص[1].

تشكيل كينونات مرضية ـ ان تعقيدات الحميات « والطواعين » الكثيرة الوقوع في تلك الحقبة ، لم تمنع طب الملاحظة ، المنسجم مع الحكم الايبوقراطية ، من استخراج بعض الكينونات المرضية الصالحة التي اما أن تكون قد نسيت ، واما أن تكون غير معروفة حتى ذلك الحين أو تكون ملتبساً بها . وقدمت ممارسة التشريح .والفحص الدقيق أول هيكلية عن مفهوم تشريحي للمرض (بنيفياني (Benivieni) بنيدتي (Benedetti) ، كواتر وفرنل (Coiter . Fernel) .

وقد احسن بايُو (Baillou) وصف السعال الديكي والخنّاق . وجرى ايضاً ايضاح فوضى الحميات الطفحية . وقد رسم الايطاليون مع انغراسيا Ingrassia من نابولي (1553) تعْريفاً للحمى القرمزية (روسانيا) (rossania) أكمل توضيحه فرانسوا أولمو (Ulmeau)، وحوالي 1578، جان كواتار من بواتيه تحت اسم « الحمى القرمزية » الوبائية . اما بالنسبة الى التيفوس (Typhus) او الحمى النمشية ، فقد كان اطباء الجيوش المحاربة على علم تام بهمـا : مـرض تابـارديو (tabardillo) من حصارغـرناطـة (1479)، مرض فبريس بستيلنس (Febris pestilens) في حـروب ايطاليـا (1505 ـ 1550) وبواتـو (1557)، وحروب هنغاريا (1566) الخ . وهناك وصف جيد عيادي للتيفوس قـدمه كـاردان 1536)

(Cardan) وفراكاستارو(1546 Fracastoro).واخيراً اكتسحت الرُحضاء (العرق المستمر) انكلترا وخاصة سنة 1518، 1529 و1551 .

وقام بروسبيرو البينو (Prospero Alpino) (« الطب المصري »، 1591) بدراسة الطب الباطني الشرقي ، وقد سبق ان وجد جان بتنكور (Jean Béthencourt) في الهند مبشرين ايطاليين يقدمون لمريدي التنصر خدمات الطب الاوروبي . وفي القرن (16) قام اليسوعي ماتيو ريشي (Matteo Ricci) بفتح مدارس للتمريض في قطاي (Cathay). وخلال ارسائهم في اندونيسيا كان جراحو السفن التابعة لشركة الهند الشرقية يعالجون المقيمين في المكاتب على الارض بأدوية من على ظهر السفينة . ومن اقدم هؤلاء الاطباء ، الجراح جاكوب واترمان (Jacob Waterman) الذي استقر في باندا سنة 1599 .

أما أمراض البلدان الحارة كالجذام (داء الفيل) فقد وصفها التاجر والاديب فيليبو ساسيتوي (Filippo Sassetti) المتوفى في غوا (Goa) سنة 1588 في مذكراته . وكان الجذام موجوداً في العديد من البلدان ، في حين كان قد انحسر عن اوروبا ، حتى ان الكثير من مصحات الجذام قد اغلقت بخلال القرن 16 و17 ومآوي المرضى ، لانعدام المرض .

وعاد داء الحفر (مرض يفسد الدم) الى الظهور في القرن 15 بعد ان كان نسي منذ الحروب الصليبية ، وذلك في المجموعات ذات المهمات الطويلة . فحصد بحارة فاسكو دي غاما في شواطىء موزامبيق (1498)؛ وفيما بعد، في شتاء 1535 – 1536، حصد اتباع جاك كارتيهJacques Cartier وهم يكتشفون سان لوران ثم اتباع حملات دراك Drake (1578) وكافنديشCavendish (1586) . ولكن العالم الجديد خبأ للعالم القديم الأسوأ : السفلس ، ذكرى السفرة التي نقلها سنداً للتراث ، رفاق كريستوف كولومب ، ومن اسبانيا نقلها جنود غونزالف (Gonzalve) القرطبي الى ايطاليا : فكان مرض نابولي ، ثم مرض فرنسا عندما نقلها جيوش شارل الثامن الى فرنسا ، ومنها انتشرت في بقية اوروبا ، والمرض العضال السفلس يبدو تماماً انه من اصل اميركي ، ولكن القضية تبقى قيد البحث . ولكن الداء الافرنجي (السفلس) الوطني الم يكن موجوداً في اوروبا منذ أبعد العصور ؟ اما الزهري (بيان) (Pian)، فبالرغم من معرفة الاطباء العرب به فهو لم تعرف ماهيته بالضبط الا في القرن 17 .

ولحسن الحظ جاءت من هذه الاسفار البعيدة، ومع الادواء ، الادوية والعلاجات . وكان التأبير، المعروف في الصين من الاف السنين ، قد اشيع في اوروبا على يد الاسباني فرانسيسكو منديس بنتو (Francisco Mendez Pinto). اما اميركا فغذت بأدويتها التي لم تكن معروفة من قبل، مداخيل الصيادلة واليسوعيين كما اثارت النزاعات بين الاطباء .

III ـ الصحة والعلاج أو التطبيب

الصحة ـ كانت المعالجة الوقائية تلجأ الى وسائل عملية تجريبية : العزل الاربعيني

(الكرنتينا) ، العزل في محجر صحي ، هرب امام المصيبة . وقد أثبت العزل جدواه تجاه بعض الامراض الوبائية مثل الجذام ، فقد قل عدد المجذومين[1] بعد اضطهادهم وحبسهم ، وهرب الناس امام ثيابهم وصناجاتهم . ولكن ما هي الحيلة تجاه امراض وبائية مثل الطاعون الا التمسك تجاهه بالمثل القديم : المسرع في الهرب ينجو. . . ؟.

ورغم الوسائل المعتادة: تطهير الجو بالنيران الكبيرة، اشخاص متخصصون يتولون شؤون الصحة (« الغربان» : حمالون واطباء وجراحون ضد الطاعون ، مزودون بثياب مشمعة وقناعات (Masques) ذات انوف طويلة محشية بالعطور)، تظل الكارثة تأخذ طريقها حتى انطفائه الفجائي وكيف تمكن اقامة حواجز فعالة بوجه اسباب مجهولة ؟ ولكنا نذكر ، مع ذلك ، كسابق في مجال علم الاوبئة العقلاني ، جيرولامو فراكاستورو (Girolamo Fracastoro) من فيرونا ، طبيب وشاعر وفلكي ذو قيمة نادرة . فهو لم يدرس فقط التيفوس والطاعون والسفلس بشكل تخصصي ممكن يومئذ بل فحص فضلاً عن عوامل العدوى بملامسة الأشخاص أو الأشياء الموبوءة، جراثيم الامراض المنتقلة بالعدوى البعيدة، وهو بهذا سبق في وعيه نظريات باستور (في العدوى . . البندقية 1546) .

ان الصحة الفردية هي صحة المائدة. فأمام الشرهين امتدح الحكيم كورنارو (Cornaro) فوائد الحمية الحذرة والفقيرة . اما غابريل زربي (Gabriele Zerbi) ودايفد بوميس (David de Pomis) وهما من اوائل الباحثين في امراض الشيخوخة فقد كشفا اسرار طول العمر. واذا كان الخمر مفضلاً على الماء فما ذاك الا لان الماء ملوث في اغلب الاحيان ؟ وعلى العموم قلما تجاوزت العناية الصحية أطار الكتاب القديم المسمى الحماية الصحية الذي اعيد طبعه وتفسيره كثيراً .

الادوية - أخذت الصيدلية التقليدية من الصيادلة الكلاسيكين ومن العرب. نشر (غوتيه دندرناخAndernach)، في بال (Bale) سنة1530 ترجمة لاتينية لكتاب غاليانGalien عنوانه تركيب الأدوية. وجددت الصيدلية ثقتها في كتاب نقولا سالارنيتانوس(Nicolas Salernitanus)وعنوانه انتيدوتاريوم (Anti do tarium) (البندقية 1471) كما منحت ثقتها لكتاب فاليري كوردو (Valerius Cordus)(1546) وللوصفات الطبية التي وضعها فوز (Foes) (1561)، ونقولا هول (Nicolas Houel)(1571) ولويس جوبر (L.Joubert)(1579) وب. بوديرون (B.Bauderon)(1588). أما اول كتاب تعاملي مكتوب بالفرنسية فكان كتاب دوسو (Dusseau) وعنوانه « انريشيد اومانيبول ميروبول» (Enrichid on manipul des miropoles) (1561).

أما الوصفات المعتادة التي كانت مصاغة في كتاب « الاستشارات » (وأشهرها كتب فرنل (Fernel) وامات لوزيتان (Amatus Lusitanus) وكراتو فون كرافت هيم von Krafft heim

(1) ان تراجع الجذام هو حصيلة توافق معقد لعوامل مانعة وخاصة التصارع الميكروبي : وعلى كل كان من الطبيعي أن يعتقد الأطباء ، خطأ ولا شك ، بأن المناعة كانت بفضل التدابير الصحية .

فتتفق مع النظريات المرضية التي يؤمن فيها المريض . وهي مرتكزة عدة على الثلاثي التقليدي : العناصر الاربعة ركائز الصفات الاربع الاولية او مضاعفاتها وكلها تطابق مع الامزجة الأربعةوالميول الأربعة البسيطة : (البلغمية، الغضبية، الحزينة، والدموية) أو المركّبة . والسبب المباشر لكل مرض كامن في الأمزجة . من هنا العلاج بالضد بقصد تبديد المرض المزاجي كمياً ونوعياً .

بالنسبة الى النوع الاول هناك الادوية الاستكمالية وهناك الادوية الاستفراغية الفصدية : المقيئات والمسهلات ، والحقن ، والمدرّات للبول والمعرقات والمنخعات للبلغم ، والحجامة ، والفصد (فصد العرق او الكعب، الوريد، الدماغي الجانبي او المتقابل، المصرف او المحول). من هنا ، مناقشات مضحكة بين انصار الباريسي بريسو (Brissot) ، الذي كان يفصد المصاب بذات الجنب (المبرسم) من الجانب المريض ودنيز (Denys) طبيب ملك البرتغال ، الذي يفصد من الجهة المقابلة أدت الى دعوى رفعت أمام جامعة سالامنك ثم شارل كانت (Charles Quint) .

اما خثل الدم (سوء تكونه) النوعي ، فقد جوبه بفضل العلاج المضاد . اما ضد الغرغرينا او « مرض المونسنيور سان انطوان » Saint Anthoine فكان العلاج « بالاعشاب الباردة » اذا كانت الغرغرينا حادة وبالأعشاب الحارة، اذا كان المرض « نار الجليد ». او يجري استبعاد المادة الضارة « materia peccans» اما اصطناعياً ، باستعمال ادوية تثير البثور التي بحسب امبرواز باري Ambroise Paré، تسحب « الرطوبة الزائدة » او وضع فتيلة لسحب المواد من الاعماق ، اما من المخارج الطبيعية اما بوسائل منقية للدم او مدرة للعرق .

تلك هي المعالجة المسيلة للعرق او للسوائل والمتبعة بشأن السفلس سواء عن تطريق التدخين او التبخير وبالكبريت الزئبقي ، او الدهونات او الافران او المرهم النابولي، بحسب طريقة كسبار توريلا (Gaspare Lorella) ، وهو أسلوب مستعمل حتى في مقرّ نفوس الأموات ، حيث شاهد ابيستمون (Epistemon) البابا سيكست (Sixte) يقوم بالمهمة التعيسة مهمة كاشط الجدري أو السفلس . وهي معالجة قاسية وخطرة امر بها فراكاستورو (Fracastoro)، وندد بها لوبز فيلالوبو (Lopez de Villalobos) . وقد حاول البعض استبدالها بمطهرات نباتية مستوردة من العالم الجديد مثل « السالسباريه » التي ادخلت الى اوروبا سنة 1530، « والسكين » و«الساسافراس»؛ .وأشهر انواع المعرقات وهو الغاياك (gaiac) أو « الخشب المقدس » المستورد سنة 1509، استورده ج. هرناندز دي اوفيدو (G.Hernandez de Oviedo) واوصى به وشدد آ. م. برازافولا (A.M.Brasavola)؛ والملكان الكاثوليكيان فردينان وايزابيل (Ferdinand et Isabella)امرا كل سفينة آتية الى اوروبا بان تجلب لحسابها حمولة منه .

يضاف الى هذه المجلوبات من المستعمرات التي أشاعها كلوزيوس (Clusius) : وأضيف اليها في حوالي 1550، جلبة (Jalap) المكسيك ، وبلسم البيرون ، والكوكا ، وفي سنة 1570 عرق الذهب ، وكلها تراكمت فوق الاعشاب « البسيطة » الناتجة عن الارض الوطنية الاوروبية ،

والتي شاع استعمالها بسبب مفاعيلها المعروفة بحكم القدم والتجربة ، او بسبب خصائص خفية وردت في « طب التواقيع » ، مجموعات كاملة من الاعشاب يقتطفها المعنيون بالاعشاب والجذور، او التي تكون جاهزة في البساتين النباتية التي اوجدت في العديد من المدن. ولكن هذه الغزارة الظاهرة في النباتات تغطي فقرها؛ ومن حسن الحظ وُجِدَ الكمونة والروباص ، والخس والسنا (الكرسنة) ثم الافيون الذي لا بديل عنه .

وفي المملكة الحيوانية تتضمن التشكيلة مقومات غير معقولة : **منتوجات روثية** : سلح الكلاب المغذاة بالعظام . سلح الذئاب الحجر (bézoard) الاوروبي او الاجنبي ومنه « البوفونيت » او حجر الضفدع ، وهو حصاة تنمو في رأس الضفدع . **منتوجات اخلاطية** (دم الشباب)؛ **بقايا عضوية** : مومياء ، جمجمة بشرية ، عظم قلب الابل . **مطبخ السحرة البشع** المتكون من خلائط متعددة الاصناف او اخلاط عسلية معقدة . واشهرها ترياق آندروماك (Andromaque) الذي يتضمن لا اقل من 74 مادّة (من بينها لحم الحية) ، بحسب تركيبة غاليان ، ثم أضيف إليها وأعيد النظر فيها . والى هذه المستحضرات الاستطبابية ، تجب اضافة الوقائيات التي تتضمن السموم ، وتتوافق مع تجربة مؤونة المائدة الملكية ، ومنها ألسنة الافاعي (الحقيقة اسنان القرش) المعلقة في شجرية ، ثم قرن وحيد القرن .

اما العالم شبه المعدني فيقدم للمطببين عن الطريق الهضمية التربة المباركة الشهيرة ، تربة لامنوس ، وفي سنة 1520 ، اقترح جوهان لانج (Johann Lange) من هيدلبرج اقترح للعذارى المصابات بأمراض عذرية (Morbus virgineus)، « زعفران اذار المقبِّل » . اما تخثر الدم اللولوئي ، فاضافة الى الوصفات المذكورة في «ديامارغاريتون » لنيكولا (Nicoles) او ابن سينا ، هناك ما ذكِرَ في « لومينارماجوس أو لومان ابوتيكاريوم (Lumen apo thencarium) الزمرد ، والحجر الاصفر، والزفير واليشب المطحون المنعم ، الممزوج بالحرير الخشن ونشارة العاج ، وهذه التركيبة تقابلها تركيبة واردة في « الكتوياريوم لـ جميس » Ilectuarium de Gemmis لمؤلفه مزوي (Mesué). والتركيبتان مختصتان بالزبائن الاغنياء .

وكان للخيمياء منافع ايضاً : ماء الحياة الذي يحتفظ بحكم امتناعه على الفساد ، بالميت وبالحي ، وحجر جهنم ، وهو الأكّال المفخم ، تم الراسب الاحمر. اما الاثمد (انتيموان) فظل مشبوهاً . ورغم ان باراسلس قد اعلن عن فضائله ، وتبعه لويس لوني(Louis de Launay) مؤلف «خصائص وفضائل الأثمد المدهش » (1564) فقد عارضه ليس فقط باليسي (Palissy)، بل وايضاً جاك غريفن (Jacque Grévin) وكلية باريس التي استعانت بشأنه « بالبرلمان » [محكمة] . ولكن البرلمان اكتفى بالزام الصيادلة ان لا يسلموا هذا العقار الا بناء لوصفة طبيب (1566). واستمرت المشادات . وطردت « المدرسة » من صفوفها بولميه (Paulmier)، الذي كان من حزب الانتيموان (الاثمد) (1579) ولكنها لم تستطع اسكات لا الخيميائي الدانمركي بدر سورنسن Peder)

(Sorensen) (سفـرينـوس) ولا كبـيز دعـاة الـطب الخيميـائي المسمى دوشسن (Duchesne) اوكرسيتانوس (Quercetanus) .

اما الزئبق، وهو نوعية كان القرن السادس عشر بأمس الحاجة اليها ، فقد كان مقبولاً . وكان جيوفاني دافيجو (Giovanni da vigo) يداوي بالراسب الاحمر التقرحات الزهرية ، وكان ماء الفضة العنصر الرئيسي في الحبوب التي قدمها الاميرال التركي بربروس (Barberousse) الى الملك فرانسوا الاول Francois I^{er}). فضلاً عن ذلك ، قام باراسلس بدعاية كبيرة لصالح الكيمياترية والمعالجة بالمعادن. واخذ يتغنى بالذهب المشروب وبفضائل الحجر الفلسفي، الذي يعطي طول العمر . وقد عارضه في ذلك جاك اوبرت (Jacques Aubert) الذي ندد ، في كتابه « انستيتوني فيزيكا » باستعمال هذا الحجر، استناداً الى هيبة ارسطو واثبت قيمة الكيمياء (Chimiam esse vanam) .

ثم انه يجب الاقرار ان كيمياترية باراسلس لم تكن دائماً خارجة عن المعقول . فقد حاولت بحق ان تستبدل التجريبية العملية المتعددة اوجه الصيدلة بالمستحضرات الكيميائية المحددة والمعدة ، والاستخراج من أدوية غير معروفة جيداً خلاصة او مبدأً فاعلاً ، غالباً ما يتحطم او يزول او يضعف من جراء الممارسات الفرمشانية السائدة : تكلس ، تسرب، استحلاب. ان باراسلس كطليعي بالنسبة الى نظرياتنا حول الأمراض الترسبية أو الكلسية Lithopexique ، كان يومئذٍ يرغب في إحلال التعادل الكيميائي في الجسم البشري وذلك بأن يسيِّل في هذا الخليط أو المزيج الرسوبات المؤذية التي تسمى الرواسب . ولكن أصحاب الكيمياء السحرية (الهرمسيين) كانوا يستخدمون كيمياء عفوية ، ويفتقرون إلى دقّة القياس .

وفي اغلب الاحيان كانوا يضيعون في الباطنية ، وتجاه هذه الاسرار الجذابة الكامنة في العنبر وفي المغناطيس ، كيف يمكن انكار التبادل الممكن للتدفقات الاخرى؟ وعلى هذا فقرن ، وحيد القرن ، يمكن ان يكشف السموم . ونجاحات المرهم السلاحي ، ورشوش المحبة ، تدل على التوافق بين السلاح الجارح والجرح ، بين الدم واخلاط المجروح وبين افرازاته المتروكة من بعيد.

هذه العلاقات المتبادلة تظهر في المملكة المعدنية .قال رونسارRonsard: لقد عرف الملاك « فضائل الاعشاب والاحجار » ، ومنذ ديوسكوريد(Dioscoride) وبلين (Pline) وعلى يد ماربود (Marbode) والبير الكبير(Albert le Grand)، وموندفيل(Mondeville)، ومارسيل فيسين(Marsile Ficin)، وماتيولي (Mattioli) وكاردان (Cardan)، يتتابع تراث التطبيب بالجواهر . فهذه الاحجار الكريمة ، ليست الا ناقلة فضائل الكواكب القرينة لها. وصورة هذه الكواكب بالذات ، وكذلك رموزها المعدنية . لها صفة البلسم المبرىء. اهدى بلّتيه (Peletier) الى مونتنيه (Montaigne) الفرنسي هدية ـ ربما دون ايمان كبير بها ـ « قطعة صغيرة من الذهب المرقق قد حفرت فوقها بعض الرسوم السماوية . ضد ضربة الشمس . . وضد الام اللمس Teste » .ونشير أيضاً الى الاحراز التي لا تحصى التي كشف البير الكبير Albert le Grand عن أسرارها .

ذلك هو جدول الاشفاء الطبي ، الذي ما زال متواضعاً . وبالمقارنة يقدم الاشفاء اليدوي نتائج مرئية ملموسة .

وهناك مشكلة جديدة، مسألة معالجة الجروح التي تحدثها الاسلحة النارية ، اعطت للفن الجراحي دفعات جديدة .

الفن الجراحي - تقدمت الجراحة في ايطاليا على يد تاغلياكوزي (Tagliacozzi) المعلم في الجراحة (autoplastique) وعلى يد ماغي (Maggi) الذي بلغ الكمال في معالجة الجروح ، وفي البلدان الناطقة بالالمانية ،على يد هـ . جرسدورف (H. Gersdorff)، وف. ويرز (F.Wirtz) وف. فابري (W. Fabry) (فابريسيوس هيلدانوس) .

وفي فرنسا، ورغم احتقار « الكلية » العلني للعمليات اليدوية ، يجدر ان نذكر ، بين المجددين، اسم رابليه Rabelais فيما يتعلق بتجبير كسور عظم الفخذ Femur، والذي اخترع أو أعادكشف الـ« غلوسوتومون » او « الـ غلوسوكوميون » واخترع لفك عقدة الفتق المخنوق ، الـ« سيرنغوتوم » . ولكن المجدد في الجراحة الفرنسية والعالمية كان رجلاً عادياً من الصناع الماهرين ، متمتعاً بحس سليم وبروح عملية ، حماه قليل علمه من الضياع في التبحر ذلك هو : امبرواز باري (Ambroise Paré) . كان جراح المعركة ، فابتكر اسلوباً في العثور على القذائف الداخلة في الجسم واستخراجها . تبعاً لوضع المجروح عند اصابته . ودعا الى استبدال الحديدة الحمراء ، من اجل قطع الدم النازف عند العملية ، بالرباط الوعائي (وهو تقنية كان المؤلفون الكلاسيكيون قد دعوا اليها)، وكان اول من دشن اساليب فصل الكوع (Coude)، وفي حالة الغنغرينة (Gangréne)، فصل الاطراف ، وكان يقطع بانتظام في الاقسام السليمة . ورفض العادة البربرية بتطهير جروح الاصابات بالسلاح الناري بالزيت المغلي والحديدة الحمراء . ولكنه هو ايضاً كانت له اسراره ، ومن بينها زيته الشهير « زيت الكلاب الصغيرة » وهذه صبيانية تغتفر له .

نذكر ايضاً ج. غيلومو (J. Guillemeau) من اورليان ، وبيار فرانكو (Pierre Franco) من تورير في بروفا ، وكان جراحاً متجولاً ، تجريبياً انما صاحب افكار جديدة : فقد الغى عملية الخصي castration في معالجة الفتوقات وعمم، بالنسبة الى المصابين بحصى الكلى، الشقّ الطولي مع المجرى وسبق الى الشق عبر المعدة للوصول الى الاحشاء (الخَثْلَة) .

وفي القرن 16، أُثْرِيَ الفن الولادي (Obesterical) باعادة اختراع الصيغة البودالية (باري) بوضع تقنية العملية القيصرية (بين، روسي) (Rousset, Bain) ثم بدراسة الانحرافات المهبلية .

IV - المؤسسات ، الوسط ، ورجال الفن

الطبيب في التراتب الاجتماعي - ظل الطب لمدة طويلة نزيل الاديرة . اما الجامعات ، ذات الانماط المختلفة ، فما تزال تحفظ ذكرى هذه النشأة . فاذا كانت جامعة بولونية وما تزال تجمعاً لمجموعات

مدرسنية علمانية ، فان جامعة لوفان عرفت باستمرار ، افضلية وأسبقية أسقف كـولجيالية سان بيـار مندوب الكرسي المقدس . وفي فرنسا ايضاً تعتبر الجامعة بنت الكنيسة . وكانت الرخصة تعطى باسم السلطة الروحية : في باريس باسم المستشار ، راعي كنيسة نوتردام ، المندوب الرسولي . وفي مونبليه باسم أسقف ماغيلون . وكان الطبيب المتفرع لمهمات التعليم ، مزوداً ، من اجل هذا ، بمنحة كهنوتية تكفيه لسد احتياجاته . وكان المعلمون في مونبليه ، وكلاء شرف بفصل اوربان الخامس (Urbain V) يصنعون بآن معاً الرداء الكهنوتي (CamailCanonial) ورداء الاستذة .

هذه الصفة ، صفة الطبيب الكاهن تقتضي موجبات ومستلزمات متنوعة . اولاً ، في الممارسة المهنية ، الامتناع عن اجراء اية عملية جراحية . «الكهنوتية تتنافى مع الدموية» . وهذه حكمة كانت تتحكم يومئذ في تصرفات حتى الاطباء المتعلمنين . ثم بالنسبة الى الدكاترة العمداء ، على الاقل ، التخلي عن الزواج . وكان التلميذ بحكم اعتباره نصف كاهن ، منذوراً للعزوبية ، ولم يستفد الا متأخراً من الاصلاح الذي نُشر سنة 1452 من قبل الكاردينال دستوتفيل (Cardinal d'Estoutevelle) والذي سمح للدكاترة العمداء بالزواج . ولكن الجسم الطبي اخذ يتعلمن بصورة تدريجية . ومنذ 1500 ، لم تعد جامعة باريس تضم ، من اصل 21 دكتوراً ، الا ثلاثة كهنوتيين . اما الاطباء النبلاء او المرفوعين الى مرتبة النبالة ، فقد كانوا قلة نادرة . فالطبيب الممارس من عامة الناس كان يصنف في المرتبة العليا من الطبقة الثالثة . والطبيب يكون من سكان المدينة (اذا ترك الطب الريفي للحلاق ـ الجراح الذي كان ينتف الشعر ويقوم بالفصد أو للمجبّرين أو المتمرّسين) ، ويعتبر من الاعيان البورجوازيين الذين يمارسون مهنة حرة مع مالها من امتيازات تتقدم على الجراحين وعلى الحلاقين ، الذين كانوا يعتبرون من اهل المهن اليدوية المتمرسين بالفنون اليدوية الميكانيكية .

والجهاز الطبي ، ما يزال يحتفظ ، اخذاً عن الكاهن ، بالامتياز التعليمي . ولكن اذا كان الامتياز الجامعي قد اهتز بفعل خلق منابر للطب في الكلية الملكية في باريس ، فان جماعة أبقراط ما تزال تحتفظ في فرنسا بحق الرقابة وبحق التعليم تجاه الجراحين من التابعين . افضلية تقتصر في اغلب الاحيان على صراع متعب ومضر : صراع بين المنظرين غير المتمرسين بالتطبيق اليدوي المحتقرين لتابعيهم ، والجاهدين في الحد من تقدمهم العلمي والاجتماعي ، من اجل اخضاعهم غصباً عن من يريد النهوض بهم . والادب المتبادل بين جماعة سان كوم (Saint Côme) وسان لوك (SaintLuc) يدخل في اغلب الاحيان في مقاومة الاجراءات اكثر مما يدخل في باب التقنية . ان الكلية تفرق كي تسود وتحكم . والنزعات الاستقلالية لدى الجراحين من ذوي « الثوب الطويل » الذين تجمعوا سنة 1311 حول جهان بيتار (Jehan Pitard) ، جراح سان لويس ، قد شوهت بردّة الحلاقين ـ الجراحين من ذوي « الثوب القصير »الذين تقودهم كلية باريس . هذه النزاعات انتهت سنة 1515 ، بتأسيس « جمعية » ؛ ولكن الخضوع المؤقت تحت رعاية (طوق) الأطباء ، لم ينه النزاعات والمطالبات والعصيان في المستقبل .

البيئة الاجتماعية والاداب ـ ومن النتائج الاخرى للتنظيم التعليمي والاجتماعي في ذلك

العصر : البداوة او الترحل . فالى جانب الرفاق الجراحين كان هناك الترحل من اجل التعليم والذي اصبح تقليداً . كان الاطباء المستقبلون يقصدون الجامعات سعياً وراء دروس المعلمين المشهورين او من اجل الحصول على الرتبة . والحق ان هذا لم يكن بالامر الجديد .

فحتى في ايام طب الاديرة كان السفر بين دير ودير دائماً وكثيراً . وكانت الجامعات الوسيطية تستقبل افواج المستمعين « المتعددي الجنسيات » الذين كانت تجمعهم نفس الثقافة اللاتينية وتطبعهم بطابع مدرسي مشترك ينفي عنهم كل شعور بالغربة . وكان الامر ايضاً على هذا المنوال في القرن 16 . فقد كانت اورليان (Orléans) وبورج وبواتيه (Poitiers) وتولوز Toulouse ومونبليه (Montpellier) تغص بالاغراب المتجمعين تحت شعارات او بيارق « اوطانهم » . ومن جهة اخرى كان اولاد عائلات فرنسية يذهبون لاكمال دراستهم فيما وراء الجبال [أي في اسبانيا وايطاليا] . ان جذب ايطاليا كان له مبرره . وهناك تيارات اخرى اتجهت نحو البلدان المنخفضة وجرمانيا . وكان نهر الرين يروي جدران مدارس شهيرة مثل : بال (Bale)، ومايانس (Mayance) وستراسبورغ (Strasbourg) وكولونيا(Cologne) . وكانت اسباب هذه التنقلات عديدة : عدم التساوي في الامتحانات ونفقات التعليم والاستقبال ؛ وتوزع مراكز التعليم وعدم استقرار المعلمين الناجحين ، والأوبئة ، والحروب التي كانت تقضي بإقفال المدارس .

ولم يكن الحصول على الليسانس او دبلومات الدكتوراه ضمان استقرار . فاذا كان هناك ممارسون مستقرون بفضل الزبائن المدنيين او بفعل الاستخدام في وظيفة ملكية او اقطاعية او بلدية ، الا ان المواظبة لم تكن من مذاق كل الموظفين . وكان الأطباء والجراحون والملحقون مؤقتاً بالجيوش وبالقصور الملكية والاميرية والكاردينالية . . الخ . أقل استقراراً ايضاً ، انما بحكم الضرورة . ويجب ان نشير هنا الى نجاح الأطباء اليهود الذين نالوا رعاية خاصة وأكيدة من البابوات أمثال ليون العاشر وكلمان السابع (Clément) وبول الثالث (Paul III) .

ونشير أخيراً الى أسلاف أطباء المستعمرات ، مثل جراحي البحرية ، الذين جلبوا معهم ، من مراكز الشرق ، كنوز صناديقهم الطبية ، أو الذين استقروا وأقاموا في هذه المراكز . في سنة 1569 أسس ب . كارنيرو B. carneiro مستشفى في ماكو .

الى جانب هؤلاء المتجولين بحكم الارتباط المهني تجب الاشارة الى المتجولين المتعددين من اجل العلم : وهم الطلاب الدائمون المتطوّعون، الذين، وهم يسعون الى اكمال معارفهم ، زاروا اوروبة بأكملها كما فعل : غونتيه داندرناخ Gonthier d'Andernach واماتوس لوزيتانوس(Amatus Lusitanus) أو لازار بينا (Lazare Pena) . كما قام آخرون ينزرعون هنا وهناك في العالم القديم او اندفعوا نحو « البلاد الأجنبية » امثال « بيلون » (Belon) الذي رافق سفراء فرانسوا الاول (François I) لدى الباب العالي ،ونحو الشرق الأدنى أمثال غيلانديتو Guilandino وراولف (Rau wolff) وب . البينو (P. Alpino) .

الفصل الخامس :
الزوولوجيا أو علم الحيوان

I ـ الاستلهامات المادية لعلم الحيوان

التجريبية المنظمة والتقدم في علم الحيوان : في مجال علم الحيوان أو « الزو » أخذ عصر النهضة معتقدات وملاحظات وتجارب العصور القديمة المتراكمة المتكونة بفعل الضرورات الحياتية .. فلم يعد القنص مقصوراً على القتل أو على الدفاع ، رغم أن الدفاع يفرض نفسه دائماً : فاضرار الذئب لم يقض عليها بعد ، وفي الجبال ما زال هناك زواحف غير مرغوب فيها . ولكن الصيد والقنص أصبحا رياضة متعة وامتيازاً سيادياً منظماً جداً ، له مراسمه وله أدبه . وقد أضاف القرن السادس عشر الى طيران الأسهم وحدة الفولاذ وسنان الرمح ، نار البارود والمسدس . وبدلاً من الاشراك والمكامن حلت التسلية القنصية أي القنص عن طريق الكلاب والعقبان .

وتطور الصيد كما القنص ايضاً . فالسلب الحر الذي كان سائداً في الازمنة القديمة خضع في الارياف للامتياز الاقطاعي المحلي . وعلى الشاطىء تحرر الصيد من الموجبات المباشرة : فاضافة الى الصيد على الشواطىء الفردي او العائلي ،وصيد الهواة، اضيف ايضاً الصيد الكبير في اعالي البحار ، سعياً في الشمال البعيد ، وراء الحوت والرنكة (Harengs) والموري (Morues) . وبعد ذلك تم السعي للحصول على السمك الطازج وما يعيش في البحيرات والمستنقعات ، وقام الصيد النهري أو صيد المد الشاطئي . وقامت المصنوعات المحفوظة المملحة أو المدخنة ، والاستيرادات البحرية لتسد النقص في عجز الصيد الفردي .

وكانت نهاية حرب المئة سنة بداية العودة الى الارض . فالنبيل وقد افتقر بفعل تدني ايراداته المفروضة اقطاعياً والمحددة ، بسبب التدني التدريجي لقيمة النقد، هذا النبيل اصبح جندياً فلاحاً ، واخذ يخدم الحقول . اما القلاع الاقطاعية التي كانت فيها مضى متراصة اخذت تتباعد . وفي اواخر القرن ظهرت القلاع القصور ، نصفها مزارع ونصفها محصن تحيط بباحات واسعة من العنابر والمزارع والمرابط والمداجن والحماميات ، كما هو باقٍ منها في بريتانيا الفرنسية وفي نورماندیا . واصبح النبيل الصياد مربي مواش وتعلم تقنية التربية الحيوانية .

وكذلك بالنسبة الى اقوياء هذا العالم فوراء ظلال الابراج قامت الفيلات الفخمة ، وحولها الاطار الواسع للجنائن والملاعب تنم عن الثروة وعن الابهة والرفاهية .

في حين كان السُيَّاس في الاصطبلات منهمكين ، في بـذخ مداجن الـطيور والـزرائب، حيث الطيور النادرة والحيوانات المدجنة تخور، ارضاء للفضول او انساً للعين : وكـانت الزرائب تتبـع آل فالوا(Valois) الى قصور اللوار ، وتسير وراء ركب الملوك : هنري II الى سان جرمان ، وشارل التاسع وهنري الثالث الى اللوفر وهنري الرابع الى فنسان . وكان آل مونمورانسي ، في شانتيلي (Chantilly) يقيمون زرائب مشهورة . واستفادت العلوم من هذه الهـوايات : فقـد اغتنم باري الفـرصة ليشرِّح نعامة .

ولكن هذه العلاقات مع عالم الحيوان لم تبرأ من المتاعب. فـاضافـة الى الجروح العـارضة التي تسببها هذه الجوارح المتوحشة او الحيوانات السامة ، كانت هذه الكائنـات المدجنـة تتسبب لمؤاكليها بعدوى الطفيليات ، وخطر الكلب ومنـاسبات وقـوع الحوادث السيئـة . وكان تقنين الطعـام في ايام المجاعات او الحروب الطويلة ، واستعمال المملحات يضيف الى مساوىء الحفر (فساد الدم) ، وهذه المسـاوىء كان لها بعض المحاسن فـرغم ان هـذه الاجـراءات ظلت غـالبـاً مـوسـومـة بـالسحـر او بالخزعبلات ، دخل علم الحيوان في الميدان الطبي عن طريق تنظيم الحِمْيّة الطبية وبعض الادوية التي بدأت تظهر فيها طلائع علم الطبابة العضوية (الاستعضاء) .

وحصل نفس التقدم فيما يتعلق بأمور صحية اخرى ومنها الصراع ضد البرد فجلود الحيوانات التي كان الاقدمون يرتدونها ، تحولت بيد الدباغين والقشّـاطين الى احـذية ، وعـدة ولأمات للحـرب والبسة لاصقة او الى معاطف من القاقم والفرو الفخم؛ وتكاثرت وتجددت بفعل تـطور المواصـلات وجرأة الصيادين بالمطافح . وبدلاً من الحرير المستورد من بلدان «السّير»، عمل تدجين شجرة التـوت وتربية دود القز على احلال المنتوجات الحريرية المحلية مكانها . وحل محـل عقد اسنـان الدببـة عقد اللآلىء والمرجان . واستعملت محفزات من حيوانات حقة (دببة برن) او خيـالية في مجـال الدعاية . والشعارات البلدية او النبيلية او في تزيين الواجهات ، والارمات والستائر والاثاث او حتى في خزفيات ب . باليسي (B.Pallissy) .

II ـ مكتسبات جديدة واحصاء عالم الاحياء

اكتشاف العالم وزوائده ـ بفضل الاكتشافات الجغرافية تضخم حجم عالم الاحياء بشكل لا حدَّ له . لا على اساس قياس الوقت الحاضر ، بل ايضاً على اساس جدول (كاتالـوج) ارسطو الـذي لم يكن يتضمن الا حوالي 500 نمط حيواني . لقد امكن تجاوز المجمـوع بكثيـر . فقد دونت ثروات اوروبا بعد ان عرفت بشكل افضل واشار اولوس ماغنوس (Olaus Magnos) الى الوحوش المرعبة (ومنها الكراكن الشهير) ، ومجموعة الحيوانات الشمالية . ودرس سيغموند فون هربرستين (Siegmund von Herberstein) منتوجات موسكوفيا Moscavie ، وشفنكفلت(Schwenckfeldt) منتوجات سيليزيا (Silesie) ، وكنتمان (Kentmann) طيور شواطىء الالب وتورنر (Turner) طيور انكلترا . وبعد ليون Léon الافريقي قام رحالة طبيعيون بالسفر الى الشرق الادنى : بروسبورو البينو Prospero Alpino ،

جيل دالبيGilles d'Albi، بيلونBelon، تيفتThévet الخ. وراقب جيلGilles في مصر الزرافة، وفرس النهر (هيبوبوتام) والنمس؛ وعلى شواطىء البحر الاحمر شاهد حتى الاطوم Dugong (حيوان ثديي مائي يشبه السمك) .

وبعد 1447، اكتشف لورنسو دياز(Lonrenço diaz)، على شواطىء غيني (La guinée) الكلاوCalaos او ابو قرين (طائر ضخم المنقار يعيش في الغابات الحارة وهو من الجواثم الملتصقة الاصابع) . وفي سنة 1519 عثر بيغافتا (Pigaffetta)، رفيق ماجلان (Magellan)، على العديد من الطراسيح (م. طرسوح) (مانشو) على شواطىء باتاغونيا (Patagonie). وبعد الفاتحين الاوائل (كونكيستادور conquistadores)، وعلى جهتي خط التنصيف المحدد بمعاهدة torديسلا 1493 تدفق المستعمرون الاسبان ـ اللوزيتانيون : نواب ملك او حكام امثال غومارا هرناندز (Gonzalo Hernandez) من اوفيدو (Oviedo)، ومبشرون امثال لوبز دي غومارا (Lopez de Gomara) وجوزي دي اكوستا (Jose de Acosta) « بلين العالم الجديد » ، واطباء او جراحون امثال غارسيا دا أورتا (Garcia da Orta) في غوا (Goa) ، وكريستوفال آكوستا (Christoval Acosta) وفرنسيسكو هرناندز (Francisco Hernandez)، منتدب في اسبانيا الجديدة من قبل فيليب الثاني (Philippe II) مع لقب طبيب الملك . هؤلاء جميعاً عملوا على اغناء الموجودات النباتية والحيوانية من الهند الغربية او الشرقية ، التي كان يسجلها في اشبيليه Sevile الطبيب مونارد (Monardes). وقد تحدوا التعب والمخاطر، والقراصنة ، واللصوص والمتوحشين ، والحيوانات الكاسرة والافاعي والكيمان من التماسيح ، من اجل اغناء الثروة التقليدية . ولسوء الحظ احترقت اعمال ف. هرنانديز Hernandes ، (17 مجلداً) سنة 1671 بعد حريق مكتبةالاسكوريال (Escorial) المقصود . ونشر قسم منها فقط في مكسيكو سنة 1615 ومختصر منها في روما سنة 1628 ؛ وصدرت طبعة منها اكمل (في روما سنة 1649 - 1651) بعناية علماء الطبيعيات عن « اكاديميا دي لانسي » . وكان من الواجب بعد ذلك اعادة تجديد واستكمال المجموعات القديمة . وهذا ما تصدى له شخص اسمه غسنر (Gesner) وشخص اسمه االدروفاندي Aldrovandi ، وأصحاب مصنفات ناشئين امثال كايوس وامبراتو واعترضتهم متطلبات النقد ومشكلة الكادرات التي سوف يهتم بها واتون (Wotton) .

وبدا الانتقاد خجولاً في بادىء الامر امام القاب نبالة جعلتها الاقدمية محترمة. فعن القارن (ليكورن) الذي شهد بوجوده الكتاب المقدس، لا يعرف الا القرن الذي تمتدح فضائله المدهشة . وكانوا يجهلون يومئذ انه ينتمي الى كركدن البحر فاعتبروه من الحيوانات ذات الاربع وظلوا منذ بلين (Pline) يتجادلون حول هويته . وهناك حيوان آخر ذكره الكتاب الدنيويون والدينيون هو العظاءة (Basilic) ذات النظرة القتالة في الصحارى الافريقية ، وقد أكد عليها الدروفاندي (Aldrovandi) الذي يشك بوجود الهيدر (Hydre) ذي الرؤوس السبعة ، والمعروض في كنوز البندقية . وكان لا بد من قريحة رابليه (Rabelais) لكي يعيد الى « مملكة الشياطين » ذوات

القرن الواحد و« النساء الطائرة » ، وطيور السلوقيين والستمفاليين والستير (الانسان العنز)، ولكنه ادخل معها بعض الكائنات الحقة.

المعجمية التقنية والمنهجية ـ كيف يدون السجل التعدادي ؟ المشكلة الاولى : وكيف تكفي اللغة الشائعة لهذا الغرض . الواقع ان اللغة التقنية ما تزال تحتاج لمن يضعها سواء في المجال التشكلي التكويني (مورفولوجيا) أم في مجال التدوين العضوي (اورغانوغرافيا)، ام في مجال التوزيع والتصنيف ، وتحديد الماهية الذاتية . لا شك ان كورنليوس اغريبا(Cornelius Agrippa) وجوردانو برينو (Giordano Bruno) قد دعيا، ـ في معرض عودتهما الى الافكار التي صاغها سابقاً ريمون لول Raymond Lulle في « آر جنراليس » Ars generalis وهو يحاول ايجاد معجمية مصطلحات ـ الى انشاء لغة علمية دولية ، الا انهما لم يوفقا في دعوتهما .

ان المصطلحات التشريحية (آناتومية) تظل زاداً مستقرضاً مجمعاً من هنا.وهناك . ولا تتضمن تفصيلات التنظيم البشري الا كلمات متنوعة متنافرة تلفيقية اغريقية، لاتينية، واغريقية ـ لاتينية ، او كلمات عربية مأخوذة عن الرازي او عن أبو القاسم Abulcasim وابن سينا Avicenne، وهي موجودة بقلم رابليهRabelais في تشريح « كارسم برينان»Quaresme Prenant.

وكذلك الحال بالنسبة الى عديمة الفقرات ، استعمل شفنكفلت (Schwenckfeldt) جذوراً هلّينية، وتعابير لاتينية .

ويذكر ان هذه الكلمات لم تصبح علمية الا لانها نبشت من لغات ميتة وانها خرجت في زمنها على شفاه العامة . وان لغة علماء الطبيعيات في القرن السادس عشر لم تكن تأنف هي ايضاً ان تأخذ من الشعب التشبيهات الغليظة او المضحكة من تعابير طريفة .

اما المصطلحات الخاصة فمصادرها ليست اقل تعقيداً: فضياع أول نموذج عن عالم الحيوان (سفر التكوين، 20.II) الغائم والمبهم بدون شك كما يقول رونديلي (Rondelet) « بسبب غموض اللغات في بابل »، كان خسارة عظيمة لا تعوض . ولكنها استعيض عنها بالمأخوذات من اللغات العبرية والعربية والفارسية وخاصة الاغريقية واللاتينية . ومن بين هذه المصطلحات الاخيرة لم تبق الا الكلمات المستعملة في اللغة العلمية النحوية . وهناك كلمات اخرى، رغم عاميتها قد زالت : مثل كلمة كونين او كونيل ، (كونيكولوس) وقد اوردها فقط اوليفيه دي سر (Olivier de Serres)، وحلت محلها عند رابليه وريمون اتيان (R.Estienne) كلمة ارنب.

وبالمقابل يضاف الى بقايا الاصل القديم نماذج من شذرات كتبية ، ليست للاستعمال بقدر ما هي للدلالة المرجعية من ذلك التبني المنسوب الى بيلون (Belon) من قبل الدروفاندي (Aldrovandi) لكلمة كريزاتو بلوني (Chrisaetos Bellonni).وتأتي أخيراً الكلمات من اللغة العامية المستوحاة من مشابهات تشكيلية او من محاكاة صوتية او من سمات تدخل في مجال الاداب والعادات او الهجاء .

(*) صاحب كتاب التصنيف ـ أندلسي .

ويجب ان نلاحظ غنى المحاكيات الصوتية الشعبية المتوسطية وبخاصة في المجال السمكي بالمقارنة وبالنسبة الى فقر المصطلحات الحيوانية القارية .

ثم انه اضافة الى علم في عز اغتنائه ، بسبب المجلوب من « الاراضي الجديدة » التي اكتشفها البحارة ، من أنواع غير معروفة ، ان المأخوذات المستمدة من الأصل المحاكاتي القديم لم تعد كافية؛ جاءت كلمات أجنبية ، غالباً ما تكون محرفة ، ذكرها تيفت (Thevet) واستعادها باري (Paré) نوعاً ما جاءت لتنمي لائحة الكائنات غير المعروفة من قبل . من هذه الكلمات ما هو أسيوي ومكسيكي ومن جزر القرايب ومن أورغواي ؛ وعلى العموم انها مجموعة متنافرة متعددة الأشكال ومشوهة مملوءة بالأغلاط أو بالنقل المحرف والغموض ، حاول جسنر (Gesner) والدروفاندي Aldrovandi ، بعد جهود ضخمة ، ان يصنفاها ضمن مرجع متعدد اللغات .

الاساليب التجريبية في التصنيف ـ 1 ـ الترتيب الأبجدي ـ الحل الاول : الوسيلة البسيطة التسلسل الابجدي والترتيب المعجمي ، المعتمد في « المجامع » الوسيطية : البير الكبير (Albert le grand) أو برتيليمي الانكليزي (Barthelemy) ؛ هكذا فعل غسنر والدروفندي رغم لجوئهما ،في الترتيب التحتي ، الى ترتيبات أخرى أو منفعية أو أكثر منهجية[1] .

2 ـ التجريبية المنفعية ـ من الناحية الذاتية الخالصة، رأى البعض، مع بولو جيوفوPaolo Giovio أسبقية المطبخية والقيمة المتندياتية الوليمية (المد، الاسماك المدخنة، المملحات) او ايضاً التراتب المنزلي، واضعاً الكائنات المدجنة أمام اسماك النهر Feril وولائد الغابات . وهذا رأي لم يرفضه «بوفون» Buffon.

التصنيف المثالي : سلم الكائنات ومعاييرها ـ يقابل وجهات النظر الواقعية هذه،الأنظمة « المفضلة » ، وهي بناءات نظرية ، متماسكة تزعم انها تعبر عن « نظام الطبيعة » . **1 ـ التحركية الحيوية ـ** ان افضل تعبير عن هذا التنظيم المثالي هو تنظيم « سلم الكائنات » انه تسلسل يوحي به تراتب الخلق «التوراتي» في اليوم الخامس واليوم السادس ، ونظام الكمال المتصاعد من عالم الجماد الى عالم الحياة والتعقل ، لان الطبيعة تنزع الى « خلق ما هو الاكمل » . بنظرية جمالية صاغها من قبل الفيثاغوريون وافلاطون . وتكملها نهائية غائية تستخدم الانسجامات المسبقة والمقررة سواء بالبنية الفيزيائية ام بالتعاطف والمحبة او بالتنافر والكره. هذا التصاعد يترجم اذاً سلسلة وظيفية تصاعدية عرفها من قبل أرسطو (الستاجيري) : الصعود الروحي انطلاقاً من الحركية الإحيائية الأرسطية(نفوس حيوانية، فاحساسية، فعاقلة)؛ نظام يتمحور حول الانسان فيه تتأكد وحدة الخطة بالانتقال من مملكة الى اخرى. في الاسفل المرجان (كوراي) الذي يعتبر في نظر كمبانيلا (Campanella)« شجرة بحرية » تصخرت؛ في الأعلى و«الزوفيات»ـ [حيوانات بحرية حيوانات عند فيلون (Philon) اليهودي وسكتوس امبيريكوس (Sextus Empiricus) ، ونبات حيواني عند تيوفيل الغزاوي] ـ التي تعتبر ، سنداً لارسطو وبلين (Pline)، انها من طبيعتين، الى درجة اننا لا نعلم،يقول بيلون

(1) ان تصنيف الدروفاندي مدروس بتفصيل أكبر في ما بعد .

(Belon) :« هل هي نباتات ام حيوانات »، والتي يصنفها رابليه (Rabelais) في (« بانتاغرويـل »، الكتاب الثالث، 8) مع النباتات . فهي لا تمثل فقط في عالم الماء ، بل ايضاً على الارض الصلبة تحت صورة « بورامي اوبورامتز » ، او « آغنوس سيتيكوس » في « التارتاري » ، له جسم الحمل ولكنه يظل متجذراً في الارض بجذع مرتبط بالسرة . وأخيراً، تذكير آخر في المجال الاساسي حسب قول سيزالبينو (Cesalpino) المجرى الصاعد للدم البشري، من القدم نحو الرأس مثل النسغ عند النباتات .

2 ـ المعيار الاخلاطي المزاجي ـ حول هذا المعيار تُستوحى الخطوط الكبـرى من ارسطو. في اسفـل السلم هناك الحيوانات المحرومة من الدم . وفوقها الحيوانات ذات الدم الاحمر ، الدال على تملك نوع من الحرارة الحياتية ، تتناسب مع الكرامة العضوية بحيث ان الانسان في نظر الستراجيري ، يجب ان يكون دمه هو الاكثر حماوة ، بحكم انه كائن اسمى .

3 ـ المعيار الوراثي ـ يضاف الى المعيار المزاجي في الكمال المعيار الوراثي. فالتغاير هو القاعدة لدى الحيوانات الدنيا : فالقمل، يقول جهان ماسي (Jehan Massé) قد خلقت من أخلاط زائدة. ويقول جوزي دي آكوستا José de Acosta ان الجرذان والضفادع والنحل وكل الحيوانات الاخرى غير المكتملة تتولد من الارض. ويذكر باري Paré كيف عثر في كرمه في مودون Meudon على حجر اجوف، مقفل من جميع الجوانب وبداخله ضفدع كبير حي ، الذي لم يكن ليتولد الا من نوع من الرطوبة العفنة . وبالعكس من ذلك فالحيوانات الكاملة ، وبحسب نظام الحكم الذي رسمه الله ، تتوالد عن طريق الجنس البويضي اولاً ثم بالولادة .

واسلوب التوالد الخلقي هذا ينزع الى دوام الشكل واستمراره مع تحسينه . ان معيـار الوراثـة المتشابهة ليس مـطلقاً مـع ذلك : من ذلـك ان الاوزة القطبيـة السائحـة تتولـد من بعض الاصداف الشجرية التي رسمها ايضاً الدروفاندي (Aldrovandi). وكذلك يرى بلين Pline ان طير الكوكل هو تحول من الباشق. ولا يجد بيلون صعوبة في الحاقه بالجوارح. ولا يستبعد باري امكانية التلاقي غير الطبيعي انما المخصب، فتتولد كائنات مركبة ، ولكنها هنا شواذات. ومهما توسعنا في سلم الكائنات ، فاننا سوف نستمر في مواجهة الحواجز. الـوطواط والنعامة، الا يدلاّن، بالعكس، عـلى الانتقال من عالم الطير الى عالم المشي ؟. والانشغال بوحدة الخـطة العضويـة الا يتكشف في التماثـل الهيكلي بـين الانسان والطير، هذا التماثل الذي صوره بيلون Belon؟ تماثل بل تماثلات ملحوظة ايضاً بين دواجن الطير والحصان أو القرد ، أشار اليها ليونارد دا فنشي Leonard de vinci وباريْ وفولشر كواتر Vol-cher Coiter . أيتوجب بعد هذا المناداة ببيلون Belon على أنه رائد التشريح المقارن ؟ أم الإكتفاء بتشريفه بالاسبقية العلمية ، أم التذكير بالأسلوب المقارن الذي سبق أن دعا له أرسطو ؟ لأن هذا السلّـم الحيواني الذي يراد له أن يكون وحيداً سـوف يتجزأ إلى أربعة أجزاء على يد كوفيه Cuvier

يضاف الى هذه المعطيات التشابهية اطـرٌ ذات نظام وظيفي (السـابحات، الـزواحف ، المشاه والـطيور الـداجنة) وبيئـوي (ايكولـوجي) (الحيوانـات المـائيـة ، النـوامي تحت سـطح الارض ،

والارضيات والفضائيات) مع اضافة الطارئات التي يفرضها اسلوب توزيع مصطنع للاسماك، وهي كل ما يعيش في الماء مثّل: القشريات، والرخويات، والديدان، والشبوط والضفادع، والحوتيات، وعجول البحر، وافراس النهر، وجرذان المياه، والكاستور (القندس)؛ وهو تصنيف وافقت عليه الكنيسة، ويجيز في الصوم الكبير اكل لحم القندس المذكور وغيره من الاسماك. والزواحف وهي كل ما يزحف، مما حدا بشفنكفلت (Schwenckfeldt) ان يصنف الحلزون الى جانب الحية، ولونيسر ان يصنف مع الطيور الداجنة: الديكة والحجل والدبابير والنحل والذباب، ودون ان ينسى الوطواط الذي صنفه بيلونBelon والدروفانديAldrovandi مع الطيور المتسلقة التي تطير ليلاً.

4 ـ التصنيف الوضعي ونماذجه ـ تضاف الى الخطة العامة متفرعات من نوع اكثر حصراً، يقصد بها على الاقل من حيث التفصيل، تصحيح عيوبها. من ذلك انه ظهر عند واتون (Wotton) الاوكسفوردي، الذي حاول ان يفسر المنهجية، وعند ب. بيلون (P.Belon)، عود محمود الى التراث الارسطي المرتكز على التشريح وعلى علم الاجنة (أمبريولوجي). معطيات سطحية احياناً تفرضها خصوصيات لحائية جلدية (اسماك طرية، ملساء او شوكية «مغطاة بالقشرة» أو «بالجلد القاسي»؛ واحياناً شديدة الحصر كما في مثل تصنيف المجترات سنداً للقرون (اميليانو)؛ وفي غيرها مؤسسة بصورة افضل على طبيعة الهيكل العظمي (اسماك غضروفية، او عظمية)؛ او شكل الاطراف (رباعيات، وحيدات الحافر او مشقوقاته او متعددة الاصابع؛ والكواسر ذات المخالب: طويلات الساق وذات الاصابع المتصلة). ويعود الفضل في اول تشريح جدي لصفيقات الجلود او الجسئية (كالفيل..) رغم معرفة هذا التشريح منذ القدم، الى جيل دالبي (Gilles d'Albi)، الذي استطاع تشريح جثة فيل صغير كان مرسلاً الى هنري الثاني (Henri II). والتمييز بين نوعين بحريين، من شواطىء فرنسا مثل الدلفين العادي او فم الاوز (Delphinus delphies.L) وخنزير البحر (Phocaena communis, less)لم يتم الا على يد بيلون، في حين كان الصيادون يأسرونهما منذ زمن بعيد. ويغفر لجيل دالبي انه جمع دون ما تمييز، في صنف الاسماك الزعنفيات والحوتيات، وذلك عندما نلاحظ دقة حججه المميّزة

المرحلة النهائية :وصف الاعراض والمفهوم الخاص الذاتي ـكان لا بد للتصنيف، وهو يلخص التصور المثالي للكون ويحقق العلاقات الخفية بين المرئي وغير المرئي، من ان ينتهي من المجرد الى المحدد ومن الفئة النظرية الى تشخيص الواقع. وقد عرف غسنر (Gesner)، في اطاره المصطنع للتسلسل الأبجدي كيف يربط فيها بين مجموعات طبيعية جيدة من تلك التي سماها الستاجيري (ارسطو) الاسر او العائلات والانواع.

ولكن الخصومات الوسيطية القديمة حول الكليات [وهي المعاني المجردة الخمسة: الجنس والنوع والفصل والخاصة والعرض العام] كانت يومئذ خامدة. وهذه المعاني لم ترتبط ـ كما هو حالها عند ارسطو، ـ عند علماء الطبيعيات في القرن 16 بمعايير تجريبية محددة وثابتة. وان نحن رأينا في بعض الاحيان، ترابط كلمتين متنافرتين، ضمن تعبير ذاتي التكوين، فما ذاك الا بمحض المصادفة او

بالاستثناء. ان المعجمية تظل تتغير، متنافرة او متعددة الاشكال فهي مرة وحيدة الاسم او مزدوجته او مثلثته، تقتصر بالمناسبة على نعوت تمييزية مبهمة (تبدل مذكر او مؤنث ، كبير او صغير)؛ ومرة تضيع في جمل وصفية ، او هي تنطلق من الهامات متعددة. لا شيء هنا منهجي . ويكون من العبث اعتبار بيلون (Belon) طليعة واضعي مدونة المصطلحات المزدوجة .

III ـ علم الحيوان المصور

الوسائل والفنانون ـ الى انتشار العلم لم يستطع الفن الا ان يقدم الدعم. فكانت من جهة اولى الرسوم اليدوية كتلك التي نفذها البير دورر(Albert Durer) وليونارد دا فنشي (Leonard de Vinci) . وكانت هناك من جهة اخرى الوسائل الطباعية : مجموعات النقش على الخشب، التي سبق وعرفت منذ 1350 في بال عند وسم الاقمشة .

ثم انتقلت فيما بعد الى مجال الطباعة الكتابية النموذجية (تيبوغرافيا) . وبعدها جاءت الطباعة النحاسية (شالكوغرافيا = شالك = النحاس) او الحفر على صفائح النحاس بواسطة محفر او ازميل . وقد جرت المحاولات الاولى، على ما يبدو، في بورغونيهBourgogne، قام بها صاغة، منذ 1450 في فرنسا والمانيا وايطاليا. وظهرت رسوم على خشب في اول الكتب عن الأعشاب (Herbarium Apulei)في روما 1481. اما المحفورات على النحاس فقد كان منها نماذج سابقة، في المانيا والبلدان المنخفضة، على تلك التي تبجّح تيڤتThevet بانه كان السباق اليها واشاعها في باريس في « رجال مشاهير » .

وقد وجدت منها نماذج على اوراق طيارة. وهناك نماذج اخرى على مجموعات « ألْبُوم » او ضمائم من اللوحات امثال: « صور طيور وحيوانات وافاعي » وضعها بيلونBelon (باريس، كاڤيلات1557)، « آڤيون ڤيڤا ايكون » لأدريان كوليرت Adrian Collaêrt ، ثم « ايكون آنيماليوم. . » لغسنر، (زوريخ 1560)، ثم « ڤيناتوس اوكيبيوم » للونيسرLonicer، (فرانكفورت 1582) « ولوحة الجسم البشري » لـ ڤ. كواترV.Coiter، (1573). وشاعت أخيراً الصور والرسوم الرمزية (= فينييت) في النصوص : حروف مزخرفة ، أضاف اليها أمثال دورر Dürer، وهولبين Holbein سمة واضحة، جافة قليلاً، من محفرهم ؛ أو رسوم ذات قيمة متغيرة جداً فيالنصوص وخارج النص .

وكان الفنانون ينتمون الى قوميات متنوعة جداً . وعن مطابع مطبعة بلانتانPlantin، في انڤرسAnvers، خرجت رسوم فان در بورطVan der Borcht، من اجل « كولوكيوس » غارسيا دا أورتا Garcia da Orta، حفرها آ. نيكولا A.Nicolai الذي زين بالرسوم ايضاً الطبعات الاولى الباريسية من كتاب « ملاحظات = اوبسرافاسيون» لـ بيلونBelon، وكذلك طبعات كتاب ايكزوتيكورم لـ كلوزيوزClusius حيث تمثلت حيوانات كانت حتى ذلك الحين غير معروفة . نذكر

ايضاً لوحات الثدييات والطيور لـ ابراهام بلومارAbraham Bloemart حفرها ب. بولسورت B.Bolswert، ولوحات كوليرت Collaêrt. وتضمن كتاب « ذوات الاربع » لـ ميشال هر Michel Herr (1546)، 64 رسمة محفورة على الخشب وغير موقعة تمثل بشكل امينٍ نوعاً ما ثدييات اوروبا وبعض الانواع الاجنبية .

ويعود الفضل في بعض المحفورات الخشبية « غرائب من فرنسا القطب الجنوبي » لـ تيقت (Thèvet) الى حفار من مقاطعة اللورين الفرنسية هو كل. وريوت (Cl.Woeiriot) الذي حفر بعض رسوم الباريسي ب. غودي (P.Goudet) (غورديل) لكتاب بيلون (Belon) : طبيعة الطيور .

وازدهرت سلالات فنية فيها وراء نهر الرين . وكانت المحفورة الاولى عن الزرافة ، المستعادة من قبل تيفت، وتعود الى الملوّن ارهارد ريوش (Erhard Reweich) الذي ذهب الى الارض المقدسة في القرن 15 . وكان هناك آخرون معنيون بالحيوانات منهم : الاخوان هوفناجل (Hoefnagel)، وجوست آمان (Jost Amman) الذي زيّن تياربوخ لِـ جان بوكسبرغر (Jan Bocksberger) والبير دورر (Albert Durer) الذي خلف عدة رسوم اشهرها ، بتاريخ 1515 ، تمثل وحيد قرن مقدم الى ليون العاشر (Leon X) من قبل عمانوئيل (Emmanuel) البرتغالي. واخيراً زينت الطبعة اللاتينية لـ1556 والطبعة الالمانية لـ1557 عن كتاب متاليكا لـ آغريكولا برسوم على خشب رسمها هانس رودلف مانويل دوتش (Hans Rudolf Manuel Deutsch). وفي سويسرا استخدم غسنر مواطنيه الزوريخيين هانس آسبر وجوهان تومان (Johann Thomann, Hans Asper) ، ومن اجل طيوره استخدم لوكاس شرون (Lucas Schroen) (شان) . وفي ايطاليا استأجر سالفيان (Salvian)، لمدة سنتين، برنار آرتين (Bernadus Aretinus)، وغيره من الفنانين؛ واستعان الدروفاندي، بالرسامين كورنيل سونت (Cornelius Swint)، من فرانكفورت وبحفارين اثنين هما لورنزو (Lorenzo) وبرنيني (Bernini) من فلورنسا ، من نورنبورغ : ش. كوريولانوس (Coriolanus) وحفيده . وقام جورج رڤردي(Georges Reverdy، هارب من شبه الجزيرة، برسم « الاسماك » لـ روندليه Rondelet؛ في حين استعاد بيلونBelon من دانيال باربارو Daniel Barbaro، سفير البندقية في لندن، صور بعض اسماك« بحر الادرياتيك، والمتوسط، وبحر ايجه والبونتيك » التي رسمها رسامه بلينيو(Pelinio).

القيمة المتفاوتة للرسوم - الا ان القيمة المستندية لهذه الرسوم متفاوتة . ان الكليشهات العابرة او النقالة كثيرة للغاية ، وهي تنتقل بالعيرة او بالكز من كتاب الى آخر (راجع المسوخ لـ پاري). فضلاً عن ان الكثير منها مزعوم ومشوه اما بفعل التراث الفني القديم ، مثل صورة الدلفين ، واما بايحاء غير واعٍ اسميٍ او خرافي مثل القُهَيْقران (Amphisbène) لونيسر (Lonicer). واخيراً هناك منها ما هو غير صحيح .

وعلى الرغم من قرصنات الخطافين الباسك مَثَّلَ فون كوب (J. Von Cube) الحيتان بشكل جنيات بحر ثديية ، وزودها غسنر (Gesner) بنفسه بزعانف رهيبة ومتعددة . واعتبر بيلون (Belon) شاربي الحوت، اللذين نُقِلَ عنهما نافخ التنورة [شريط تتزنر به النساء لينفخ التنورة]، وكأنهما شعر

الحواجب عند هذه الحيتان . وهناك ما هو افضل بالنسبة الى هذه « الوحوش البحرية التي لها شكل الراهب» التي سبق ان اشار اليها البير Albert الكبير، وجون فون كوبJ.Von Cube ؛ وقد اهْدِيَ رسمٌ لها الى روندليه(Rondelet) من قبل مارغريت دي نافار (Marguerite de Navarre) . وهي رسمة مرتبة تبرر العنوان الذي اطلق عليها مرة بعد مرة : وحش اصطناعي ؛ الفقمة ذات البطن الابيض ، أو الفقمة ذات المعطف والباقيات من الاخطبوطيات العملاقة .

اما زخرفيات لونيسر (Lonicer)، المدرجة في النص ، فهي قبيحة وصُغَيَّرة . اما رسمات روندليه (Rondelet)، فعلى الرغم من صعلكتها مثل رسمات بيلون ، فهي على العموم مضبوطة من حيث التفصيل ، في حين ان الـ99 لوحة المحفورة لـ سالفياني (Salviani)، فهي على رغم جمالها ، لا تحسب الا حساباً تقريبياً للاشواك والغلاصم الخ .

اما رسمات غسنر (Gesner)، فعلى تفاهتها ايضاً ، الا انها على العموم دقيقة، وخاصة ما يتعلق منها ببعض الفقريات البحرية المصورة بشكل جيد . واما محفورات كتاب ميشال هر (Michel Herr) الذي سبق ذكره فهي على العموم حسنة . ولا نجد أيّ اعمال مدهشة الا في مجال التشريح البشري ، في هذه اللوحات المحمة التي تمثل الهياكل العظمية المتكئة في وضع الحفار المفكر الذي رسمه رجل اسمه فان كالكار (Van Calcar) لـ ڤيزال

نركز ، في النهاية ، على المجلوب الايقوني الذي تم بفضل اكتشاف العالم القديم والذي عرض مع كولوكيوس لـ غارسيا دا اورطا (Coloquios Garcia da Orta) . وخاصة بعد اكتشاف « الأراضي الجديدة » امثال صور : التاتو او « قنفذ البرازيل » لبيلون وغيره الكثير من الكائنات التي رسم كلوزيوس و الاسبانيون ظلالها بشكل دقيق نوعاً ما . وهذا لا ينفي ان التزيين بالصور يؤدي الى مزيد من الواقع المصور الذي لم تتضمنه خطابات الاقدمين الكتبية

الفصل السادس :
علم النبات

ان اختراع المطبعة ذات الحروف المتحركة ، في اواسط القرن 15 ، قد طبع بدايات علم النبات الحديث . ولم تكن اليقظة تتسم في بادىء الامر بشيءٍ من الاصالة . وفجأة حدثت طفرة في المؤلفات : فصدرت اطالس سميت « معشبات » منها : ارباريوم ابولي (Herbarium Apulei) ، (روما 1481)، وارباريوس زو دوتش (Herbarius zu Deutsch)، لـ بيتر شوفر (Peter Schoffer) ؛ اورتوس سانيتاتوس (Ortus Sanitatis ،1491) ، واربولاير (Arbolayre) (باريس 1495) ، و« المعشب الكبير بالفرنسية » (1526) . الخ . ونالت نجاحاً كبيراً . إلا أنها لم تكن الا تجميعات ذات استعمال عادي ، وأدوات للدلالة على « البسائط من الأعشاب الطبية » . والرسمات فيها هي في أغلب الأحيان للزينة وتدخل في مجال الهواية الخالصة . والمحصل : عودة قوية الى العصور القديمة الاغريقية اللاتينية .

ومنذ القرن 16 ، نزعت دراسة النباتات الى التحرر من النير التقليدي والى ان تستقل بذاتها ولذاتها . وبدأ تفحص الطبيعة ؛ وبدأ عصر الرحلات الكبرى والرحالة النباتيين. بالتأكيد، لقد وقفوا طويلاً أمام الترجمة وأمام تفسير ديوسكوريد Dioscoride أو بلين Pline [1] . انما على نفس الخط ارتسمت السمات العريضة التي سوف لن تكذب او تخيب، والتي فرضها البحث عن معرفة مباشرة واضحة وقابلة للانتقال. وبدأ الاهتمام ـ وهذا نشاط جديد ـ بتجفيف النباتات وتجميع كتب

(1) ان النص الاغريقي « تاريخ النبات » و « في اسباب النبات » لـ تيوفراست Théophraste ، ادخل في المجلد 4 من طبعة مبادىء ارسطو (البندقية 1497) واعيد طبعه سنة 1541 ونشرت الطبعة اللاتينية لـ تيوفيل الغزاوي سنة 1483 واعيد طبعها عدة مرات في القرن 15 . وكان من اهم شراحها : رويل Ruel ، غسنر Gesner ، سيزالبينو Cesalpino وزالوزنسكي Zaluzansky .

اما شروحات ديوسكوريد فقد نشرت ، لأول مرة ، باللاتينية سنة 1478 وبالاغريقية 1499 . 6 طبعات اغريقية و 8 لاتينية (واشهرها طبعة مانيولي 1554 ؛ وكانت موضوع اعادة طبع مع رسومات خشبية سنة 1565) و 3 ترجمات ايطالية ، و 3 فرنسية الخ. صدرت لها قبل نهاية القرن 16 .

اما كتاب تاريخ الطبيعة لـ بلين Pline الذي طبع بعد 1469 فقد اعيد طبعه لا اقل من 18 طبعة (15 لاتينية و 3 ايطالية) . وفي القرن 16 صدر له حوالي 50 طبعة لاتينية ولكنه لم يترجم نسبياً الا قليلاً (الى الفرنسية 1562 والانكليزية 1601) . في حين صدرت له شروحات كثيرة جداً بمختلف اللغات .

الاعشاب ، مثل كتاب لوكا غيني (Luca Ghini) ، المفقود اليوم ، او كتاب تلميذه جيراردو سيبو (Gherardo Cibo) الموضوع فيها بين 1532 و1540 ، والذي حفظ في المكتبة الانجيليكا في روما ، أو أيضاً كتاب الجراح الليوني جيرولت (Girault) الذي يرقى الى 1558 والموجود في ميزيوم باريس .

وفي القرن 16 أيضاً استعاد التصوير الايقوني (ايكونوغرافيا) النباتي نشاطه وهذا بعد 1530 ، مع كتاب « هرباروم ڤيفا ايقونة » (Herbarum vivae eicones) لـ اوتو برونفل (1489 – 1534) (Otto Brunfels) ، وهو كتاب تكثر فيه الصور البديعة ، والامينة الخالصة ، التي تعزى الى عبقرية هانز ويدز (Hans Weiditz)؛ كمالٌ نجده عند فوز (هيستورياستيربيوم Historia Stirpium (1542 ، نيسو كروتربوخ (1543, New Kreüterbuch) وايضاً عند الكتاب الكبار الاخرين امثال : غسنر (Gesner)، بوك (Bock)، ماتيولي (Mattioli)، لكلوز(L'Ecluse) ، او حتى عند دالشان (Dalechamps) ، الخ .

ولا يمكن لعصر النهضة الذي انجب دورر (Durer) وليونارد دافنشي ، وهما رسامان للنباتات في زمنهما ، ان يعدم ما يعبر به عن نفسه هو ايضاً ، بوضوح .

وكذلك فن أو علم الوصف ، قد تثبت . ومرة واحدة بلغ كتاب امثال فالري كوردوس ، (Valerius Cordus) ,(1515-1544) ، او شارل لكلوز (Charles de l'Ecluse) (1526 - 1609) الذروة . وترك لنا كوردوس الذي توفي عن 29 سنة ، تاريخاً في النباتات ضم 500 نوعاً منها 66 جديداً . ودرست النباتات في أغلب الاحيان وهي حية في الطبيعة او مغروسة . وكان الوصف يستعمل فيه الافعال الناشطة (و.ت. ستيرن W.T.Stearn ,1966)، وهي اي هذه الاوصاف تلفت النظر بما فيها من حيوية .

ومع فوز ودودن (Fuchs et Dodoens) دخلت المعجميات في كتب النباتات المنشورة . وبعد ذلك تطورت اللغة التقنية التي كانت حتى ذلك الحين بداية ، وذلك تمشياً مع الاحتياجات ومع تطور المعرفة لتصل مع جانغ (1678) الى مستوى أصبح أساسياً .

وكانت الغاية تعريف ماهية النباتات المعروفة وغيرها ثم وصفها ، بصرف النظر عن خصائصها ثم تصنيفها بحسب معايير موضوعية : هذا هو الامر الذي تم السعي اليه وفي هذا مظهر اصالة عصر النهضة . وكان هناك في اغلب الاحيان ، كما سنرى حركتان متمايزتان .

التصنيف ثم جردة النباتات والمغروسات ـ في القرن السادس عشر كانت العلوم الطبيعية ، وبصورة خاصة علم النبات محكومة بعبقرية قوية من نمط « العالم الموسوعي » الذي كان معروفاً في عصر النهضة ، وهو كونراد غسنر (Conrad Gesner) (1516 – 1565) من زوريخ . عرف هذا العالم باستكشاف جبال الالب وايطاليا وفرنسا . وراسل العديد من المراسلين ، من انكلترا حتى بولونيا ، وكانوا يرسلون له المواد . وعندما مات ، كان قد وصف ورسم له أو رسم بنفسه ، عن الحي أو عن الجامد ، العديد من مئات النباتات الجديدة وخاصة أغراس الجبال ارينجيوم ، رودودواندرون)

(Eryngiun, Rhododendron). وكانت عنده الهامات حول مفاهيم النـوع والجنس. ونعرف عن طريق مراسلاته ، انه كان ينوي وضع أسس تصنيف طبيعي ، وزعم انه قد وصل الى ذلك باستخدام صفاة الزهرة والثمرة . وبهذا الطموح ، لا من حيث هو كذلك بل من حيث ما فيه من عزم وتصميم ، وضـع غسنر (Gesner) أصـول علم النبات المنهجيـة الحديثـة . وهـذا المـوقف سـوف يقفـه ايضـاً ف. كولونا (1616, F.Colonna) وكبار المصنفين في أواخر القرن السابع عشر . انما للاسف ، لم ينشر غسنر (Gesner) الا كتالوغاً نباتياً واحداً، (1542)، اما انتاجه الضخم في علم النبات ، والذي كان ملحقاً في كتابه تاريخ النباتات الشهير فقد بقي غير مكتمل وظل غير مطبوع حتى القرن الثامن عشر . ولا نعرف ما هو تأثيره في تعليمه وفي حياته لو انه اصدره في حياته .

واذا كان من غير الممكن ان نكتشف اية رغبة في تجميع الانواع لدى هذا او ذاك من معاصري غسنر أمثال أوتو برنفل (Otto Brunfels)وليونارد فوز (Leonhard Fuchs)(1501-1566) [1] فإنّ هذه الرغبة تبدو لدى شخص مثل جيروم بوك (تراغوس) ،(Tragus, Gerome Bock) (1498 – 1554) تلميذ فوز، او لدى رمبرت دودنRombert Dodoens (دودونوسDodonaeus، 1518 - 1585). ولقد قويت هذه الرغبـة عند هـذا الاخير بـين كتابيـه ، كرودت بـوك - Crydt) (Boek لسنة 1554 ، وهو كتـاب في « الاعشاب » نشـر في اللغة الفلمنكيـة ، وترجمـه الى الفرنسيـة لاكلوز (L'Ecluse) (1557) ؛وستيربيوم هيستـوريا (Stirpuim historiae) (1583). . وهـو كتاب ممتاز ، وحديث في كثير من نواحيه ، وفيه وزعت النباتات بحسب خصائصها ، ولكنها وردت في كل كتاب مصنفة بشكل يميل الى التنسيق : القرعيات ، الصليبيات ، الصيوانيات . وكان دودن قد نشأ في مالينز (Malines) ودرس في لوفان، وفي جامعات المانيا وايطاليا . وكان مواظباً ومساعداً لمختلف علماء النبات ، وخاصة ليكلوز (L'Ecluse) ولوبل . وبتحريض من كريستوف بلانتين (Christophe Plantin) وهو عالم بالطباعة ومحب لعلم النبات نشر دودن كتابه « الاعشاب ». وبعد 1552 ، بدت طبعـة كيبـر (Kyber)، لكتــاب ستيـربيــوم مـاكــزيم ايـروم (Stirpium, Maxime earum). . لـ ج. بوك(J.Bock)، المقدم له من قبل غسنر (Gesner) . بدا هذا الكتاب كفعل مرتجل وغير مؤكد لولادة المجموعات النباتية الاولى : الشفويات ، القطانيات النجيليات والصيوانيات . ولكن الحـركة كانت قد انطلقت : وسوف تنمو وتقوى بسرعة،وخاصة مع كتاب بيار بينا(Pierre Pena) وماتياس لوبل (Matthias de Lobel) او (لوبليوس Lobelius) : ستيربيوم ادفرساريا نوفـا -Stir ,1570) puim adversaria nova). وكانت المجموعـات الوحيـدة الفلقة والثنـائية الفلقـة ، والصليبيات ، والقرنفليات ، والشفويات ، والصيوانيات، والقطانيات ، قد اخذت خصائصها حقـاً . وهي لم يرد اسمها فيه . ولكن فكرة البحث عن اوجه التشابه كأساس للتصنيف قـد توضحت تمـاماً . وفي سنـة 1576 اكمل لوبل (Lobel) هذا العمل بنشرة اكثر اهمية في كتاب اسمه : بـلانتاروم سو ستيربيوم

(1) كان فوز ، طبيباً في ميونـخ ثم انغولستـاد وفي توبنجن ، وقـد عرَّف بـاكثر من 500 نبتـة ، خاصـة طبية عـدد اسمها وشكلها ومكانها وطبعها وخصائصها. ولكنه ذكرها بعدم انتظام . وكانت كتبه الصغيرة سهلة التداول وقـد ساعـدت كثيراً على نشر حب علم النباتات .

هيستوريا، (Plantarum seu stirpium historia ، مع 1486 صورة لم ينشر جزء كبير منها من قبل . واكمل كتابه ، بناء على تشجيع من كريستوف بلانتين (Christophe Plantin)، وفي سنة 1581 قدم عنه ترجمة مقرونة بفهرس من 7 لغات ، . وبمجموعة صور (البوم)مؤلّفة من 2491 صورة ، مع اشارة الى كل المندرجات السابقة حول مختلف الانواع . وكان في هذا اداة عمل سهلة جداً ، وكان ليني (Linné) يعود اليها غالباً .

وها نحن قد وصلنا الى سيزالبين (Césalpin): اندريا سيزالبينو (Andrea Cesalpino) أو كيزلبينو (Caesalpinus)، (1519-1603) ، وكتابه « في نباتات القرن السادس عشر (1583) : كتاب أخذ ضجة في عصره . وبعد سيزالبينو (Césalpino)، وتقليداً له ، بدأ عهد علم النباتات بوعي تام في الحركة الكبرى التي سوف تحدده كعلم خاص . ولاول مرة برز نظام مرتكز على تحليل كل أقسام النباتات ، وخاصة الزهرة والثمرة وبخاصة البذرة ، والدعوى التحليلية هي الدعوى التي تبناها تورنفور (Tournefort) بعد قرن من الزمن : فهو قد استند الى العدد ، والى موقع الاجزاء النسبي ، والى اشكالها وبصورة خاصة الى موقع منخفض المبيض بالنسبة الى بقية اجزاء الزهرة .

وان كان سيزالبينو (Césalpino) ارسطوياً متحمساً إلا أنه لم يضع تصنيفاً معرضاً عن الاستقراء وقد أسيء عموماً فهم المدى الحقيقي للمبادىء المسبقة بريم كام (Bremekamp) (1952) التي استند اليها . والواقع ليست هذه المبادىء مرشدا بقدر ما هي محاولة تبرير نظرية ولاحقة .

وقسمة النباتات الى ليفية خشبية من جهة والى عشبية من جهة أخرى كان ولا شك تنازلاً وميلاً الى تيوفراست . وهو اتجاه سار به الى حد ما بعض المؤلفين الحديثين . وكذلك ، ورغم الاهتمام بالبذرة ، لم يعرف سيزالبينو الفاصل الكبير بين وحيدة الفلقة ومزدوجة الفلقة . بل ركز على اهمية التصنيف الاسمي الذي أعطي للبنيات التناسلية . وهذا التركيز هو وليد تحليل عميق واعتراف بالمعنى الحقيقي للخصائص المدروسة ، اكثر مما هو ايمان بأفضلية وبسمو الوظيفة التناسلية . ورغم المبادىء الفلسفية المندثرة التي تمسك بها سيزالبينو ، فقد وضع أسس المنهجية التي تولاها من بعده تورنفور (Tournefort) وآ.ل. جوسيو (A.L.de Jussieu)، والتي تتطلب الاهتمام بالسمات والخصائص .

وقد أثبت فينس (Vines) وجود حركتين في علم النبات في القرن السادس عشر .الحركة التي تكلمنا عنها وفيها يوجد مصدر علمنا الحديث ، كما تكلم ايضاً عن حركة النباتيين والوصافين ، الذين قلما اهتموا بالبحث عن الاطر وعن الاسس ، بقدر ما اهتموا بالوظائف الآنية للوصف . وهذه الحركة كان لها ايضاً ممثلون عظام امثال برونفل Brunfels، فوز Fuchs وكورودس Cordus (اللذين سبق ذكرهما .

وأحد أكثر مشاهير الوصافين في تلك الحقبة كان شارل دي لاكلوز (Charles de L'Ecluse) أو كلوزيوس (Clusius ، 1526- 1609). ولد في اراس (Arras)، ودرس في مونبليه حيث اشتغل

سكرتيراً عند روندليه (Rondelet). واعتبر من بين أشهر النباتيين في تلك الحقبة، من تلاميذه: بوهن (Bauhin)، لوبل (Lobel)، بينا (Pena) الخ. وكانت مونبليه، لعدة قرون، ما كانته دائماً: مركزاً مهماً للبحوث في علم النبات. وقد اشتغل لاكلوز في النباتات، في أهم بلدان أوروبا، قبل أن يبدأ، في فينا، بادارة جنائن الامبراطور ماكسيميليان الثاني، ثم استاذاً في جامعة ليد (Leyde). وقد ترك عدداً كبيراً من المؤلفات وخاصة (تاريخ في النباتات النادرة 1601)، وفيه وصف ورسم حوالي 1585 نبتة. وصنف كشجر وشجيرات، ونباتات بصلية ذات روائح جيدة او فاسدة أو بدون رائحة، أو نباتات سامة او مخدرة او حريفة حادة، كما صنف ضمن فئات حليبية أو صيوانية، أو سرخسية أو نجيلية او قرنية. واذا كان تصنيف شارل لاكلوز (Ch.de L'Ecluse) ناقصاً كثيراً، فان اوصافه العلمية جداً، تدل على فكر مراقب ومطلع وأصيل. واليه يعود الفضل في وصف عدد من الفطر صنفه كصالح للاكل، وكضار، او مفقر للدم.

وكان واحداً من الاوائل الذين غرسوا ودرسوا حبيبات البطاطة التي استوردت من الطرف الشمالي للاندلس حيث اكتشفت من قبل الاوروبيين سنة 1537 ووصلت الى اوروبا قبل 1570. واعتبرت هذه النبتة ومثلت، لاول مرة في اوروبا، في مؤلفات ج. بوهين (1596, G.Bauhin) وجان جيرار (1597, J.Gerard).

وفي ذات الوقت تقريباً ترك شخصان من بال، هما ابنا طبيب أميان، الاخوان بوهين: جان (Jean Bauhin) (1541-1612)، وغسبار Gaspard (1550-1634)، مؤلفاً مهماً. واصبح جان، وكان معلمه فوز (L.Fuchs)، طبيب دوق ورتمبرغ (Wurtemberg). ومكث في مونبليار، وجمع عناصر كتابين نشرا بعد موته: هيستوريا بلانتارم برودرومو Historia plantarum) (1619) (prodromus، وهيستوريا اينفرساليس بلانتارم (Historia universalis plantarum) (1650-1661). وكان هذا الكتاب الاخير يقسم الى 40 بحثاً. وقد زين بـ3426 صورة اخذت جزئياً من فوز (Fuchs) وتعطي وصفاً لـ5226 نبتة. والحق يقال انه مجموعة ضخمة تضمنت كل ما كتب حول النباتات منذ العصور القديمة. وقد تراسل جان بوهين (J.Bauhin) مع أغلب النباتيين في عصره. ونشر سنة 1594 الرسائل التي تبادلها مع غسنر (Gesner).

أما بحث غسبار بوهين (Gaspard Bauhin) فكان اكثر أهمية. فقد سبق له في كتابه فيتوبيناكس (Phytopinax – 1596) أن عرف بـ 2700 صنف مع تفرعاتها. ومنها البطاطا التي وصفها حقاً بالاسم الذي احتفظت به فيما بعد. ولكن كتابه بيناكس تياتري بوتانيسي Pinax theatri botanici (1623) هو الذي كرس مجده. انه عمل تشريعي كان له تأثير كبير على تورنفور (Tournefort) وعلى ليني (Linné). وهو قد أبرز اهتماماً بالمعرفة وخاصة بالتوضيح وهما أمران غير معروفين حتى ذلك الحين. كان بوهين يعين كل نبتة، وقد تعرف على 6000 منها، باسم لاتيني ملائم لما اصبح، بعد 70 سنة من تاريخه، « النوع »، والحقه بنعتين أو ثلاثة نعوت تدل على الجنس: انها مسودة المصطلحية الثنائية التي فرضها فيما بعد ليني. فضلاً عن ذلك، كان يذكر لكل جنس الاسماء التي اعطيت له

سابقاً . والظل الوحيد المخيم على هذه الميزات ، هو ان تصنيفه لم يدل ، وهذا اقل ما يمكن ان يقال، على اي تقدم يميزه عن تصنيف سيزالبينو ، الذي سبقه بحوالي نصف قرن .

ويمكن أن نـذكر أيضـاً من بين المؤلفـين الفـرنسيـين ، ريشر دي بلفال Richer de Belleval (1632-1564) وجـان دالـشـان (1588-1513, J. Dalechamps) وجـان رويـل (Jean Ruel) (1537-1479)الخ . وكان الأول قـد حفر عـلى النحاس أكـثر من 500لوحـةتمثل نبـاتات بيرنيه والالب والسيفن . وكثير منها كان جديداً . وللاسف لم تسحب هـذه اللوحات ؛ والبعض منهـا استخدمها جيلبرت (Gilibert) في « استعراضاته » النباتية (1789) . كان دالشان (Dalechamps) معلقاً ومفسراً لبلين وطبيبـاً في ليون فاستطاع انجيستغرس في منطقة غنية جداً بالنباتات . وامر بحفر رسوم الاغراس التي تلقاها من لوبل ولاكلوز الخ ، ونشر مع ديمولين (Desmoulins)، سنة (1587) « تاريخاً عاماً للنباتات » وفيـه 2731 رسمة عـلى خشب ، ويدل الاضـطراب على مقـدار الحاجـة الى التصنيف . فضلاً عن ذلك قد يظهر نفس النوع في نوعين او ثلاثة أنواع مختلفة . ونشر رويل (Ruel)، وهو عميد كلية الطب في بـاريس، سنة (1536) « دي نـاتوراستيـربيوم » (Natura stirpium) وهو مرجع بحق للمعارف النباتية في زمنه .

نشير ايضاً الى بعض المؤلفات ذات الاهمية الاقل . المجموعـة الكبيرة لـ اوليس الـدروفانـدي (Ulisse Aldrovandi) وهي تتضمن بصـورة خـاصـة « علم الأشجار » . ونـشـر ج. دوشـول (J.Duchoul) وآدم لونيسر (Adam lonicer) بعض المعـالجات الاصيلة جـزئياً . ووصف الالمـاني ت. تـابرنـامونتـانوس (Th. Tabernaemontanus) (بـرغـزابـرن) (Bergzabern)، تلميـذ بـوك (Bock)، سنة (1590) في كتابه « صور نباتية » ، (5800) نوعاً مقروناً بـ2480 رسمة نقلها عن مراجع مختلفة لم يذكرها . وقد أعيد طبع هذا الكتاب سنة 1687 فساعد على تقدم علم النبات . وكان لا بد من انتظار القرن 17، حتى اخذت تظهر نماذج مرتبة بكل النباتات في بلد معين . وبالنسبة الى الحقبة التي تعنينا ، وعدا عن اعمال النباتيين المستكشفين الذين سنذكرهم فيها بعد ، لم تكن قد صدرت الا نشرات قليلة تستحق اسم « عالم النباتات » . وقد سبق ان ذكرنا كتب فوز (Fuchs) وغسنر . نذكـر ايضاً ان غسنر أصـدر سنة 1561 دراسـة ارثية لـ ف .كـوردوس (V.Cordus) (بعد مـوته) مخصصـة بنبـاتات ايـطاليا . وكـانت الصور جميلة ، ولكنهـا كانت صغيـرة ومرتبـة بدون ايـة منهجيـة . وبـدأ ش. لاكلوز (Ch. L'Ecluse) بدراسة نباتات اسبـانيا والنمسـا . واعطى تـاليوس (Thalius) سنـة 1588، مجموعة نموذجية بنباتات غابات تورنج . ونشير أيضاً الى أن فر.كالـزولاري (Fr.Calzolari) وج. ف. بونا (J.F. Pona) درسا نباتات مونتي بالدو الخ .

بنية النباتات ووظائفها ـ اذا لم يكن بالامكان الكلام ، في هذه الحقبة ، عن تشريح نباتي وعن علم وظائف النباتات ، فان ملاحظات سيزالبينو (Césalpino) تستحق اشارة خاصة . فهو يرى ، كما ذكر في مطلع كتابه « دي بلانتي ليبري 16 »(1583) انه يمكن رد مبدأ حياةالنباتات الى ثلاث وظائف : الغذاء والنمو والتوالد . الا ان النبـاتات ليس لهـا مثل الحيـوانات ملكـة الاحساس والحـركة ، فـان تنظيمها وان شابه تنظيم الحيوانات ، فانه لا يستدعي الا اجهزة اقل تعقيداً . ثم انه يعتقد ان النباتات

لها روح موقعها في اللباب ، في نقطة التقاء الساق والجذر اي عند الرقبة التي يعتبرها بمثابة قلب النبتة . من هذه النقطة الاساسية تنطلق من جهة ، نحو الاسفل ، الجذور التي لها دور الفم لدى الحيوانات ، او بالاحرى لها دور المعدة الحقة ، تمتص وتهضم العصارة الغذائية . ومن جهة اخرى ، ونحو الاعلى ، ينطلق الجذع المنتهي بالازهار التي تحيط اجزاؤها بالثمرة ، كما تحيط الاغشية عند الحيوانات بالجنين .

واذن فالنباتات تشبه الحيوانات التي رأسها الى اسفل . وكما هو الحال، بالنسبة الى الحيوانات، فان النسغ يرتفع عبر الجذور، ثم عبر الجذع ، لكي يرتد الى الرقبة من الاوراق ، تماماً ، كما هو الحال عند الحيوانات ، حين ينطلق الدم في الشرايين ثم يعود اليه عبر الاوردة . وقد لاحظ سيزالبينو (Cesalpino) ان هذه المنطقة المميزة ، وهي العنق او الرقبة ، تتوافق مع نقطة سماها « كوركولم » واقعة فوق او تحت البذور .

وعقب هذه الحقبة وصف ف. كوردوس (V.Cordus) (الذي اكتشف الدرنات البكتيرية للجذور) وغارسيا دا اورتا (Garcia da Orta)، حركات الأوراق، لدى القرنيات وحاولا تفسيرها .

الجنس - اشار ج. بونتانوس (J.Pontanus) سنة 1505 الى وجود نخل « بلح » من جنسين مختلفين . ولكن كاتباً فارسياً القزويني اشار منذ القرن 14 ، الى هذه الواقعة ، بكلمات واضحة جداً وتستحق الذكر : « ان النخلة تشبه الانسان تماماً . . . من حيث قسمتها الى جنسين متمايزين : ذكر وأنثى ، ومن حيث خصوصيتها انها تخصب بنوع من الجماع » .

وفي سنة 1592، حقق ب. آلبينو (P.Alpino) على النخيل ، أول تجارب الاخصاب الاصطناعي ، وهي عملية عرفها البابليون من قبل . وبذات السنة اكّد آ. زالوزانسكي (A.Zaluzansky)، بناء على افكار بلين (Pline)، ان كل النباتات تحمل اعضاء ذكورة او أنوثة ، مرة مجتمعة ، ومرة منفصلة ، وفوق سُوق مختلفة . ولاحظ سيزالبينو ايضاً ، في حشيشة الزئبق أو الحربق أو الحلبوب أو القنب ، وجود نوعين من السيقان ، بعضها عقيم اجدب ، وبعضها مخصب ، وذلك عند وجودها في جوار البعض العقيم ، حيث يفترض ان يأتيها « دفق » من شأنه اخصابها .

ومن جهته وصف ج. ماناردي (G.Manardi) ما وصفه ليني بالمئبر وقام ف. كوردوس (V.Cordus) بمراقبة تناسل السرخسيات .

النبات الطبي - ان الاهتمام الموجه ، منذ نهاية القرون الوسطى ، نحو دراسة كتب علماء الطبيعيات من الاقدمين يتأتى بصورة اساسية من أن هذه النصوص تشير الى لخصائص الطبية للنباتات . وغالبية علماء النبات القدامى كانوا بالواقع اطباء وصيادلة ويهتمون قبل كل شيء « بخصائص البسائط » : (الأعشاب الطبية) .

وطوّر باراسلس النظرية الغريبة « سينياتور بلانتارم » وبموجبها هناك تشابه في الشكل بين مظهر اعضاء النبات والامراض التي يفترض بها ان تشفيها . مثلاً أن بقلة الخطاطيف، (خشخاشية) ذات

« الدم » الاصفر تشفي من مرض الريقان . اما الليلك ذو الاوراق القلبية الشكل فيشفي من أمراض القلب . اما « ذات الرئة » واسمها مشتق بالضبط من لون صفيحة اوراقها ، الذي يذكر عموماً بجيوب الرئة ، فهي توصف ضد امراض الصدر .

وكان احد الذين ساهموا اكثر في نشر هذه العقيدة هو جيام باتيستا دلا بورتا (Giam - Bat-tista della Porta) (1535 ? – 1615) الذي عمل في كتابه « فيتوغنومونيكا » (1588) من اجل البحث ومن اجل تصوير هذه المماثلات العرضية بين الاوراق والقمر (صورة 14)، وبين الجذور والشَعْر ، كما هو الحال في « كزبرة البير الشعرية » : أو أيضاً مشابهة بعض الزهور مع الحشرات أو مع الفراشات .

ولكن هذه الاراء سرعان ما حوربت ، وخاصة من قبل آ. فان در سبيغل، (A.Van der spiegel) بعيد 1606. ورغم ذلك ظلت مقبولة لمدة طويلة . وقد صدر العديد من النشرات « تراكتاتوس دو سيغناتوروس » (Tractatus de signaturis)، حتى القرن الثامن عشر ، بشأنها .

وعالج العديد من المؤلفات الاخرى موضوع شفاء الامراض بالاعشاب : ونشرت مجموعات وسيطية : « ليبر باندكتاروم ميديسينا » لـ م. سيلفاتيكوس (M.Sylvaticus) (1474)، « ليبر دي سامبليسي مدسينا » لـ م. بلاتاريوس (M.Platearius) (1497)، « ليبر آغرغاتوس ان مديسينس. . » لـ ج. سيرابيون (J.Scrapion) (1473). ومن بين المعالجات « الحديثة » نذكر « الفحص الطبي البسيط » للايطالي برازافولا (Brasavola) (1536) وكتاب جاك دوبوا (Jacques Dubois) (سيلفيوس) حول تحضير « الادوية البسيطة » (1542) ثم « البسائط » لِـ آنغيارا (1561) ، ثم كتاب ر. كونستانتان (R.Constantin) حول الصيدلة البروفنسية(1597) . وفي المانيا ، وفيها كان اوروسيوس كوردوس (Euricius Cordus) يعرض افكاره حول مرادفات النباتات (بوتانولوجيكون) (1534) كان ابنه فالري كوردوس (Valerius) يضع دراسة مهمة حول نباتات المانيا وايطاليا ، ارفقها بتعليقاته حول ديوسكوريد ، ونشرها له غسنر سنة (1561) وكتاباً « الضروري في علم الصيدلة » (1546) والذي ترجم الى الفرنسية سنة 1578 في ليون تحت عنوان « مرشد الصيادلة » .

الجنائن النباتية وعلم الزراعة - شجع نشر العديد من الكتب حول التداوي بالاعشاب (Hortus Sanitatis) في تلك الحقبة على الزراعة المنهجية للاعشاب الطبية في الاديرة والمدن الجامعية . وكان الغرض من هذا ابراز النباتات امام الطلاب ثم درس خصائصها . هكذا انطلقت الجنائن النباتية الاولى التي انشئت في ايطاليا الشمالية ، وهي منطقة ذات طبيعة ملائمة بصورة خاصة . وكان من أقدم هذه الجنائن البستان الذي أسسه لوقا غيني (Luca Ghini) في بيزا سنة (1543). وبعد ذلك بقليل ، تأسس بستان آخر في بادو من قبل بونافيد (Buonafede)، وكان اول مدبر له اوستانسور سمبليسيوم(Ostensor simplicium)، لوجي آنغيارا(Luigi Anguillara) . وتأسس بستان آخر في فلورنسا حوالي 1550 . وسارت هولندا على هذا الطريق : ان بستان علم

النبات في ليد يعود الى (1587). وفي المانيا انشيء بستان ليبزيغ (Leipzig) سنة (1580) . وفي باريس أقام ن. هويـل (N.Houel) « بستان الصيـادلة » سنـة (1576) وأسس ر. بيلفال (R.de Belleval) البستان العلمي في مونبليه سنة (1598) .

وبعد 1533 أصدر الطبيب الانساني المشهور، في ليون، س. شامبيه (S.Champier) كتـاباً هورتوس غاليكوس (Hortus gallieus) و« كامبوس اليزوس غاليا » (Campus elyseus galliae). ونشر شارل اتيان (Charles Estienne)، ابن الناشر الشهير هنري اتيان (Henri Estienne) عدة كتب عن البستنة جعلت منه طليعة من الطلائع التي سبقت اوليفيه دي سر(Olivier de Serres).

وتعاون مع صهره ليبولت (Liébault) في « الزراعة والبيت الريفي » (1564). وبعد 1540 أقام ب. بيلون (P.Belon) في توڤوا، في السارت، « مغرساً » ذكره رابليه (Rabelais) الذي اهتم كثيراً بتدجين النباتات. ومن بين اوائل المهندسين الزراعيين الفرنسيين نذكر أيضاً دافي دي بروسار (Davy de Brossard)، وميزولد ولوندريك (Mizauld et Londric) .

ونشر الالماني يواكيم كاميراريوس (Joachim Camerarius)، سنة (1588)، فهرساً بالنباتات التي غرسها في جنينته في نورنبورغ . ومن بين رسومه الممتازة، نذكر رسمات استنبات النخل البلح، والآغـاف (Agave) الاميركي . وتجـدر الاشارة أيضـاً الى المؤلف الوحيـد المتعلق بتسجيل الصـور والرسوم، الذي وضعه ب. بسلر (B.Besler)، المكلف بالاشراف عـلى جنينة سـان ـ وايلدبالـد . ويتضمن الفهـرس الـذي نشـره، والـذي يعـود الفضـل فيـه، في معـظمـه الى ل. جنجـرمـان (L.Jungermann)، وصفاً لكل النباتات المغروسة، والمرتبة بحسب انتظام تفتيحها وتزهيرها، قام به ستة رسامين حفارين مختلفين بواسطة لوحات نحاسية رقيقة جداً وملونة تلويناً مدهشاً باليد .

نشر العالم النباتي الانكليزي وليم ترنر(William Turner)، في لندن، وضمن ثلاثـة أقسام (1568،1562، 1551) كتابه « نيوهربال » (New herball). وفيه شدد على الصفة التفاضلية في الانواع التي رتبت بحسب الترتيب الابجدي لاسمـائها الـلاتينية . وكـان الانكليز يهتمـون دائماً وكثيـراً بفن التفسيل.. ووصف جون باركينسون (John Parkinson)، في سنة (1629)، في كتابه « جنائن العمق وجنـائن الارض » (باراديـزي ان صول بـارادبـزوس ترستري) (Paradisi in sole, Paradisus terrestris) اكثر من 7000 غرسة، تستطيـع العيش في مناخ الجـزر البريـطانية . ويتم التصنيـف، المختلف والمتنافر، مرة على أساس الخصائص الطبية للاغراس، ومرة على اساس موطنها . ويمتاز هذا الكتاب بانه يشير ويرسم اهم انواع الاغراس المستفسلة والمزروعة يومئـذ؛ نشير اخيـراً الى ان جون جيـرار (John Gerard) انشأ، في هـولبورن، قـرن لندن، سنـة .(1595– 1596) جنينة نبـاتيـة شخصية نشر عنها بياناً مفهرساً بعد (1596 – 1599).

اوائل النباتيين المسافرين ـ أدى اكتشاف اميركا من قبل كريستوف كولومب، سنة (1492)، واكتشـاف رأس الرجـاء الصالـح، وطريق الهنـد الشرقيـة البحريـة من قبل فـاسكو دي غـاما سنـة

(1497) ، الى افتتاح عهد المسافرين النباتيين . ننظر الآن الى اعمال هؤلاء الحجاج النباتيين الذين لم يترددوا رغم المصاعب والاخطار ، ورغم بطء الاسفار في تلك الحقبة ، مدفوعين بحب المغامرة وبالرغبة في الاكتشاف ، في اجتياز البحار ، وقطع الجبال ، والغوص في الغابات البكر ، لكي يعرفونا بنباتات مجهولة تماماً حتى ذلك الحين .

في المقام الأول بينهم يقف بيار بيلون (Pierre Belon) (1517-1564)وأصله من السارت ،وهو تلميذ ف. كوردوس في وتنبرغ(V. Cordus) . وكان تحت حماية الكردينال دي تورنون (Tournon) ، وذهب الى الشرق وزار ، من سنة 1546 الى 1549 اليونان وتركيا ، وآسيا الصغرى ، وجزر البحر المتوسط ومصر وفلسطين . ونشر سنة (1553)، حكاية عدة غرائب لاحظها في هذه البلاد . وقد اعيد طبع كتابه سنة 1588 ، مع صور جيدة محفورة على خشب ، وترجم الى اللاتينية من قبل شارل لاكلوز (Ch.d'Ecluse) . وفيه يجري لاول مرة وصف نباتات من الشرق (كما يدل على ذلك اسمها الخاص : بلاتانوس اوريانتاليس (Platanus orientalis، كوكاليس اوريانتاليس Caucalis) orientalis، الخ) . ولكن ب . بيلون (P.Belon) اهتم بالاستعمال العملي لهذه النباتات ، اكثر من اهتمامه بوصفها العلمي السليم .

وقدم اندريه تيفت (André Thévet) في كتابه « كوسموغرافيا الشرق » Cosmographie du) Levant)، في سنة (1554)، قصة رحلة الى فلسطين والى آسيا الصغرى . وحملته رحلة الى اميركا الجنوبية الى نشر « غرائب فرنسا القطب الجنوبي » (1558) . وكان فكراً منفتحاً ، انما قليل الانتظام ، فجمع بدون روح نقدية كبيرة كل ما عثر عليه : أسلحة ، خزفيات ، نباتات ، حيوانات أو معادن .

وتقاسم مع جان نيكوت (Jean Nicot) (?1530 - 1600) الذي كان سفيراً في لشبونة (حيث كان التبغ منتشراً جداً) ومع الايطالي ج . بانزوني (G.Banzoni) الذي كان يقيم في اميركا سنة 1541 الى 1560 فضل التعريف بالبتون (Petum) أو التبغ ، وهي نبتة جديدة سميت لهذا السبب « نيكوتيان » .

وذهب الالماني ل . راوولف (L. Rauwolff) سنة 1573 ، الى الشرق وزار بلدان الشرق ، مرسلاً للبحث عن الادوية والعقاقير . وظهرت اول طبعة عن تقريره حول رحلته سنة 1583 . وقد استعمل كتابه « النباتي » سنة 1755، من قبل غرونوفيوس ، عندما نشر كتابه « فلورا اوريانتاليس » (Flora orientalis)، حيث ورد ذكر لاستعمال البن وعرَّف الايطالي ـ بروسبيرو البينو -Pros) pero Alpino) ـ وكان رجلاً عسكرياً وطبيباً ثم استاذاً في بادو ، سنة 1592، بحوالي خمسين نبتة جديدة من مصر مثل الليسيوم (Lycium)، واكاسيا السنغال ، و شجرة البن[1] الخ . ووصف ايضاً نبتات متنوعة من جزيرة كريت ، في كتاب له نشر بعد وفاته ، من قبل ابنه سنة (1627) . وزار

(1) لقد ذكر راولف (1581) البن . اما اول وصف اقتصر على الاثمار فقد قدمه ش . دي لاكلوز (1574)مستنداً لمرجع في ايطاليا .

م. غيلاندينو (M.Guilandino) (= ويلند) (Wieland) سوريا ومصر . ونحن مدينون له ببحوث حول اوراق البردى - بابيروس بلين - (Papyrus de Pline) وحول مرادفات الكلمات بين القدماء والمحدثين .

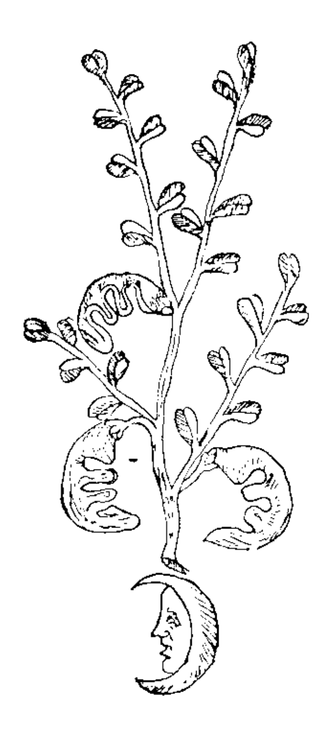
وقبل اكتشاف اميركا بأربعين سنة زار البحار البندقي كادا موستو (Ca da Mosto) جزر الكناري وماديرا والشواطىء الغربية من افريقيا ، حيث اكتشف ، بعد 1455 ، شجرة الباوباب (Baobab) (التي سوف يعود الى اكتشافها من جديد آدنسون) (Adanson) وكذلك « دراكانا دراكو » (Dracaena Draco) . ونشر هرنانديز دي اوفيدو اي فالديز (Hernandez de Oviedo y Valdès)، القيم على العالم الجديد من سنة 1525 الى 1535 «تاريخ الإندياس العام والطبيعي» (Historia general y natural de las Indias) وفيه ذكر شجرة الجوافة والآفوكاتو. ونشر العالم لوبز دي غومارا، (Lopez de Gomara)، المبشر الكناري الاصل ، في سنة 1552، « تاريخاً جديداً » وفيه يوجد، لاول مرة ، ذكر لشجرة الكاكاو ولمختلف النباتات المهمة في المكسيك . ورافق الفرنسي جان دي لري (Jean de Léri) (1534 - 1611) الشفاليه دي فيلغنون (Chevalier Ville-gaignon) في رحلته الى البرازيل ورسم تاريخها سنة (1598) في كتاب نجد فيه بعض المعلومات عن الاشجار والاعشاب والجذور والاثمار الشهية » . وذهب مارتن دل باركو (Martin del Barco) الى باراغوي سنة 1573 وفيها لاحظ «الحساس» (المستحية) زهرة الآلام . ونشر ن. موناردس (N.Monardes) في اشبيلية ، من 1565 الى 1574 دراسة مهمة حول النباتات في « الهند الغربية » . وقدم شارل دي لاكلوز (Ch.de L'Ecluse) عنها ، في سنة (1574) نسخة لاتينية ترجمها آكولن (A.Colin) الى الفرنسية سنة (1602)[1].

وتضمنت قصة رحلة الهولندي لنشوتن (Linschootten) الى الهند الشرقية والى الاقيانوس الهندي ، والمنشورة في لاهاي سنة 1599 وصف شجرة المانغا و« عشبة زينب » او المسك الرومي . . ونشر البرتغالي غارسيا دي اورتا - (Garcia da Orta) وقد كلف ، سنة 1534 ، كطبيب أول لمرافقه كونت دي رودوندو (Redondo) ، نائب الملك في الهند - في غورا كولوكيوس دوس سامبل ي دروغاس . . » (Coloquios dos simples, e drogas) (1563) والذي ترجم الى اللاتينية والفرنسية . ونشر كريستوفال اكوستا (Christoval Acosta) وهو يسوعي برتغالي اقام طويلاً في « الهند الشرقية » كتاباً اسمه ايضاً « الادوية = Drogas » سنة 1578 معتمداً كثيراً على غارسيا دا اورتا (Garcia da Orta) .

اما الكتب التي صدرت في اواخر القرن 16 مثل « هورتوس ماديكوس » (Hortus medicus) ل. ج. كاميراريوس (J.Camerarius) (1588) وبصورة خاصة « فيتوبازانوس » (Phytobasanos) لـ فابيوكولونا (Fabio Colonna) (1592) فتدل من حيث نوعيتها على انغماسها

(1) راجع ايضا في القسم الرابع، الفصل عن « العلم في اميركا المستعمرة » .

في الوصف وفي التصوير ، وهذا ساعد على التقدم في معرفة النباتات بالنسبة الى القرن الماضي . وهذا ما لم ينفك تورنفور (Tournefort)، بعد قرن من الزمن من المطالبة به مثل معلميه : غسنر وسيزالبينو وكولونا (Gesner, Cesalpino, Colonna) [1] .



صورة **14** ـ تشابه شكل أوراق نبتة « البوتريكيوم لوناريا » مع شكل الهلال (عن ج. ب دلا بورتا) ميتتو غنو مومينكا .

(1) نحن نشكر م.ج.ج هيمار دنكر الذي اعاد قراءة مسوداتنا واقترح علينا ادخال بعض التحسينات بخصوص النباتيين الرحالة .

مراجع القسم الأول

التاريخ العام

Histoire générale : On trouvera un exposé d'ensemble des événements au cours de cette période dans *Les débuts de l'âge moderne* (H. HAUSER et A. RENAUDET, 3e éd., Paris, 1946), *La prépondérance espagnole (1559-1660)* (H. HAUSER, 3e éd., Paris, 1948) et dans les volumes 3 et 4 de l'*Histoire générale des Civilisations : Le Moyen Age* (E. PERROY, 5e éd., Paris, 1967), *Les XVIe et XVIIe siècles* (R. MOUSNIER, 5e éd., Paris, 1967). Des bibliographies détaillées sont données par la collection « Clio » : t. V, *L'élaboration du monde moderne* (J. CALMETTE, 3e éd., Paris, 1949), et t. VI, *Le XVIe siècle* (H. SÉE, A. REBILLON et E. PRÉCLIN, Paris, 1950). Voir également L. FEBVRE, *Le problème de l'incroyance au XVIe siècle : la religion de Rabelais*, Paris, 1947 ; E. GARIN, *Il Rinascimento. Significato e limiti*, Florence, 1953 ; J. W. THOMSON et divers, *The civilization of the Renaissance*, University of Chicago Press, 1929 ; L. FEBVRE et H.-J. MARTIN, *L'apparition du livre*, Paris, 1958,

مرجعية إجمالية

Bibliographie d'ensemble : G. SARTON, *Horus, a guide to the history of science and civilization* (Waltham, Mass., 1952) ; F. RUSSO, *Histoire des sciences et des techniques. Bibliographie*, 2e éd., Paris, 1969 ; W. P. D. WIGHTMAN, *Science and the Renaissance. An annotated bibliography...*, 2 vol., Edimbourg-Londres, 1962 ; J. C. POGGENDORFF, *Biographisch-literarisches Handwörterbuch*, 2 vol., Leipzig, 1863 ; les bibliographies périodiques publiées par le *Bulletin signalétique du C.N.R.S.* et la revue *Isis* ; enfin les comptes rendus d'ouvrages publiés par les principales revues d'histoire des sciences.

دراسات تختص بمجمل العلوم

Études touchant à l'ensemble des sciences : M. CLAGETT, ed., *Critical Problems in the History of Science*, Madison, 1959 ; A. C. CROMBIE, *Histoire des sciences de saint Augustin à Galilée*, 2 vol., Paris, 1959 ; ID., ed., *Scientific change*, London, 1963 ; A. C. KLEBS, Incunabula scientifica et medica (*Osiris*, t. 4, 1938, pp. 1-359) ; L. THORNDIKE, *Science and thought in the fifteenth century*, New York, 1929 ; ID., *History of magic and experimental sciences*, vol. 4-6, New York, 1934-1941 ; A. MIELI, R. PAPP et J. BABINI, *Panorama general de historia de la ciencia*, vol. 3-6, Buenos Aires, 1950-1952 ; A. WOLF, *A history of science, technology and philosophy in the XVIth and XVIIth centuries*, 2e éd., Londres, 1950 ; A. R. HALL, *The scientific revolution, 1500-1800*, Londres, 1954 ; G. SARTON, *The appreciation of ancient and medieval science during the Renaissance*, Univ. of Pennsylvania Press, 1955 ; ID., *Six Wings, men of science in the Renaissance*, Indiana Univ. Press, 1957 ; Divers, *La science au XVIe siècle*, Paris, 1960 ; M. BOAS, *The Scientific Renaissance, 1450-1630*, Londres, 1962 ; R. M. PALTER, ed., *Toward Modern Science : II. Studies in Renaissance Science*, New York, 1961 ; M. DAUMAS, éd., *Histoire de la science*, Paris, 1957 ; A. KOYRÉ, *Études d'histoire de la pensée scientifique*, Paris, 1966 ; St. d'IRSAY, *Histoire des Universités*, Paris, 1935 ; R. W. T. GUNTHER, *Early science in Oxford*, 14 vol., Oxford, 1920-1945 ; A. LEFRANC, *Histoire du Collège de France*, Paris, 1893 ; *Le Collège de France (1530-1930)*, Paris, 1932 ; F. A. YATES, *The French academies of the XVIth century*, Londres, 1947 ; P. A. CAP, *La science et les savants au XVIe siècle*, Tours, 1867 ; A. M. SCHMIDT, *La poésie scientifique en France au XVIe siècle*, Paris, 1938 ; Divers, *Le Soleil à la Renaissance ; sciences et mythes*, Paris, 1964 ; P.-H. MICHEL, *La cosmologie de Giordano Bruno*, Paris, 1962 ; B. GILLE, *Les ingénieurs de la Renaissance*, Paris, 1964 ; M. DAUMAS, éd., *Histoire générale des techniques*, t. II : *Les premières étapes du machinisme*, Paris, 1965.

الرياضيات

Mathématiques : Les anciens ouvrages de A. G. Kästner, *Geschichte der Mathematik*, 4 vol., Göttingen, 1796-1800, de J.-F. Montucla, *Histoire des mathématiques*, 2e éd., 4 vol., Paris, 1799-1802, et de M. Chasles, *Aperçu historique sur le développement des méthodes en géométrie*, 2e éd., Paris, 1875, sont encore très utiles. Parmi les ouvrages plus récents : M. Cantor, *Vorlesungen über die Geschichte der Mathematik*, vol. 2, 3e éd., Leipzig, 1907, est toujours indispensable. Voir également : P. Boutroux, *Principes de l'analyse mathématique*, 2 vol., Paris, 1914-1919 ; D. E. Smith, *History of mathematics*, 2 vol., Boston, 1927-1930 ; G. Loria, *Storia delle matematiche*, 2e éd., Milan, 1950 ; O. Becker et J. E. Hofmann, *Geschichte der Mathematik*, Bonn, 1951 (trad. fr., Paris, 1956) ; J. E. Hofmann, *Geschichte der Mathematik*, erster Teil, 2. Auflage, Berlin, 1963 ; N. Bourbaki, *Éléments d'histoire des mathématiques*, 2e éd., Paris, 1969 ; P. Dedron et J. Itard, *Mathématiques et mathématiciens*, Paris, 1959 ; H. G. Zeuthen, *Geschichte der Mathematik im XVI. und XVII. Jahrhundert*, Leipzig, 1903 ; J. Tropfke, *Geschichte der Elementarmathematik*, vol. 1-4, 3e éd., Berlin, 1930-1939 ; vol. 5-7, 2e éd., Berlin, 1921-1924 ; A. von Braunmühl, *Vorlesungen über die Geschichte der Trigonometrie*, Leipzig, 1900-1903 ; F. Cajori, *History of mathematical notations*, 2 vol., Chicago, 1928 ; J. L. Coolidge, *The mathematics of great amateurs*, Oxford, 1944 ; E. Bortolotti, *Studi sulla storia delle matematiche in Italia*, 2 vol., Bologne, 1928-1944 ; D. E. Smith, *Rara arithmetica*, Boston, 1908-1939 ; H. Morley, *The life of Girolamo Cardano*, 2 vol., London, 1854 ; O. Ore, *Cardano the gambling Scholar...*, Princeton, 1953 ; E. Panofsky, *Albrecht Dürer*, 2e éd., Princeton, 1945 ; S. Stevin, *The principal works*, 5 vol. en 6 tomes, Amsterdam, 1955-1966.

علم الفلك

Astronomie : J.-B. Delambre, *Histoire de l'astronomie au Moyen Age*, Paris, 1819 ; Id., *Histoire de l'astronomie moderne*, 2 vol., Paris, 1821 ; J. Bertrand, *Les fondateurs de l'astronomie moderne*, 5e éd., Paris, 1874 ; J. L. Dreyer, *Tycho Brahé*, Edimbourg, 1890 ; Id., *History of astronomy from Thales to Kepler*, 2e éd., New York, 1954 ; Id., ed., *Tychonis Brahe Opera Omnia*, 15 vol., Copenhague, 1913-1929 ; F. R. Johnson, *Astronomical Thought in Renaissance England*, Baltimore, 1937 ; E. Zinner, *Entstehung und Ausbreitung der Coppernicanischen Lehre*, Erlangen, 1943 ; A. Koyré, *Copernic. Des révolutions des orbes célestes* (trad. franç. et commentaire du livre 1 du *De Revolutionibus*), Paris, 1934 ; Id., *From the closed world to the infinite Universe*, Baltimore, 1957 (tr. *Du monde clos à l'univers infini*, Paris, 1962) ; E. Rosen, *Three Copernican Treatises*, 2e éd., New York, 1959 ; A. Pannekoek, *A History of Astronomy*, Londres, 1961 ; K. H. Burmeister, *Georg Joachim Rhetikus*, 2 vol., Wiesbaden, 1967-1968.

فيزياء وميكانيك

Physique et mécanique : Les anciens ouvrages de J. C. Poggendorff, *Geschichte der Physik*, Leipzig, 1879 (trad. fr., Paris, 1883), de F. Rosenberger, *Geschichte der Physik*, 3 vol., Braunschweig, 1882-1890, de K. Lasswitz, *Geschichte der Atomistik*, 2 vol., Leipzig, 1890, et de E. Gerland et F. Traumüller, *Geschichte der physikalischen Experimentierkunst*, Leipzig, 1899, sont encore à consulter. Parmi les plus récents : E. Mach, *Die Mechanik in ihrer Entwicklung*, 7e éd., Leipzig, 1912 (trad. fr., Paris, 1904) ; P. Duhem, *Les origines de la statique*, 2 vol., Paris, 1907 ; Id., *Le mouvement absolu et le mouvement relatif*, Montligeon, 1907 ; Id., *Études sur Léonard de Vinci*, 3 vol., Paris, 1906-1913 ; Id., *Le système du monde*, t. X, Paris, 1959 ; E. Jouguet, *Lectures de mécanique*, 2 vol., Paris, 1924 ; L. Olschki, *Geschichte der neusprachlichen wissenschaftlichen Litteratur*, 3 vol., Halle, 1919-1927 ; R. Dugas, *Histoire de la mécanique*, Neuchâtel, 1950 ; E. J. Dijksterhuis, *Die Mechanisierung des Weltbildes*, Berlin, 1956 ; *Simon Stevin*, La Haye, 1943. Sur Léonard de Vinci : l'ancien ouvrage de G. Séailles, *Léonard de Vinci, l'artiste et le savant*, Paris, 1892, et, parmi les études plus récentes : R. Marcolongo, *Memorie sulla geometria e la meccanica*, Naples, 1937 ; G. Uccelli, *Scritti di m*[illegible]940 ; *Léonard de Vinci et l'expérience scientifique au XVIe siècle*, Paris, 1951.

الكيمياء والخيمياء

Chimie et alchimie : M. Berthelot, *La chimie au Moyen Age*, 3 vol., Paris, 1893 ; J. Ferguson, *Bibliotheca chimica*, 2 vol., Glasgow, 1906 ; D. I. Duveen, *Bibliotheca alchemica et chimica*,

Londres, 1949 ; H. M. LEICESTER et H. S. KLICKSTEIN, *A Saurce book in history of chemistry*, New York, 1952 ; M. DELACRE, *Histoire de la chimie*, Paris, 1920 ; W. OSTWALD, *L'évolution d'une science : la chimie*, trad. fr., Paris, 1919 ; E. O. von LIPPMANN, *Entstehung und Ausbreitung der Alchemie*, 3 vol., Berlin, 1919-1931-1954 ; E. J. HOLMYARD, *Makers of chemistry*, Oxford, 1931 ; ID., *Alchemy*, Londres, 1957 ; F. S. TAYLOR, *The Alchemists*, New York, 1949 ; R. J. FORBES, *A short history of the art of distillation*, Leyde, 1948 ; H. E. FIERZ-DAVID, *Die Entwicklungsgeschichte der Chemie*, 2e éd., Bâle, 1953 ; H. M. PACHTER, *Paracelsus. Magic into Science*, New York, 1951 ; W. PAGEL, *Paracelsus*, Bâle et New York, 1958 ; M. P. CROSLAND, *Historical studies in the language of chemistry*, Londres, 1962 ; J. M. STILLMAN, *The story of early chemistry*, New York, 1964.

علوم الأرض

Sciences de la Terre : K. F. MATHER et S. L. MASON, *A Saurce book in geology*, New York, 1939 ; K. A. von ZITTEL, *Geschichte der Geologie und Paläontologie*, Munich, 1899 ; A. GEYKIE, *The founders of geology*, 2e éd., Lyon, 1905 ; S. MEUSNIER, *L'évolution des théories géologiques*, Paris, 1911 ; G. von GROTH, *Entwicklungsgeschichte der mineralogischen Wissenschaften*, Berlin, 1926 ; E. de MARGERIE, *Critique et géologie. Contribution à l'étude des sciences de la Terre*, 4 vol., Paris, 1943-1948 ; F. D. ADAMS, *The birth and development of the geological sciences*, 2e éd., New York, 1954 ; E. DUPUY, *Bernard Palissy*, 2e éd., Paris, 1902. Voir également les traductions anglaises du *Bergbüchlein* de KALB (A. G. SISCO et C. S. SMITH, New York. 1949), du *De re metallica* d'AGRICOLA (H. C. HOOVER, Londres, 1912) et du « Traité » de L. ERCKER (A. G. SISCO et C. S. SMITH, Chicago, 1951).

علوم إحيائية بوجه عام

Sciences biologiques en général : E. RÁDL, *Geschichte der biologischen Theorien*, Leipzig, 1905-1909 ; M. CAULLERY, Histoire des sciences biologiques, *in* G. HANOTAUX, *Histoire de la nation française*, Paris, 1924 ; W. A. LOCY, *The growth of biology*, Londres, 1925 ; E. NORDENSKIÖLD, *The history of biology*, New York, 1928 ; C. E. RAVEN, *English naturalists from Neckam to Ray*, Cambridge (G.-B.), 1947 ; E. CALLOT, *La renaissance des sciences de la vie au XVIe siècle*, Paris, 1950 ; C. SINGER, *History of biology*, 3e éd., Londres-New York, 1959 (trad. franç. par F. GIDON, Paris, 1934) ; J. ROSTAND, *Esquisse d'une histoire de la biologie*, Paris, 1962 ; E. MENDELSOHN, *Heat and life*, Cambridge, 1964 ; G. CANGUILHEM, *La connaissance de la vie*, 2e éd., Paris, 1965.

تشريح وفيزيولوجيا

Anatomie et physiologie : L. CHOULANT, *Geschichte und Bibliographie der anatomischen Abbildung*, Leipzig, 1852 ; M. ROTH, *Andreas Vesalius Bruxellensis*, Berlin, 1892 ; M. del GAIZO, *Sulla pratica dell' anatomia in Italia sino al 1600*, Naples, 1892 ; M. FOSTER, *Lectures on the history of physiology during the 16th, 17th and 18th centuries*, Cambridge, 1901 ; H. E. SIGERIST, Die Geburt der abendländischen Medizin, in *Essays... presented to Karl Sudhoff*, Londres, 1924 ; C. H. SHERRINGTON, *The endeavour of Jean Fernel*, Londres, 1946 ; E. HINTZSCHE, La renaissance de l'anatomie, revue *Ciba*, 1947, nº 59 ; C. D. O'MALLEY, *Michael Servetus...*, Philadelphie, 1953 ; K. E. ROTHSCHUH, *Geschichte der Physiologie*, Berlin, 1953 ; C. SINGER, *Short history af anatomy and physiology from Greeks to Harvey*, New York, 1957 ; L. PREMUDA, *Storia dell' iconografia anatomica*, Milan, 1957 ; L. R. LIND, *A short introduction to anatomy of Jacopo Berengario da Carpi*, Chicago, 1959 ; R. ERIKSSON, *Andreas Vesalius' first public anatomy at Bologna*, Uppsala, 1959 ; P. HUARD, *Les dessins anatomiques de Léonard de Vinci*, Paris, 1961 ; W. PAGEL, *Paracelse : introductian à la médecine philosaphique de la Renaissance*, Paris, 1963 ; C. D. O'MALLEY, *Andreas Vesalius af Brussels*, Berkeley and Los Angeles, 1964 ; P. HUARD et M. D. GRMEK, *L'œuvre de Charles Estienne et l'école anatomique parisienne*, Paris, 1965 ; R. HERRLINGER et F. KUDLIEN. *Frühe Anatomie ; von Mondino bis Malpighi*, Stuttgart, 1967.

طب

Médecine : K. SPRENGEL, *Versuch einer pragmatischen Geschichte der Arzneikunde*, Halle, 1792-1803, 5 vol. (trad. franç. par A.-J.-L. JOURDAN, Paris, 1815-1820) ; J.-F. MALGAIGNE, *Œuvres complètes d'Ambroise Paré*, Paris, 1840-1841 ; C.-V. DAREMBERG, *Histoire des sciences médicales*, Paris, 1870 ; E. WICKERSHEIMER, *La médecine et les médecins en France à l'époque*

de la Renaissance, Paris, 1905 ; R. Massalongo, *Girolamo Fracastoro e la rinascenza della medicina in Italia*, Venise, 1915 ; K. Sudhoff, *Kurzes Handbuch der Geschichte der Medizin*, Berlin, 1922 ; W. Osler, *Incunabula medica*, Oxford, 1923 ; F. R. Packard, *The life and times of Ambroise Paré*, 2e éd., New York, 1926 ; P. Delaunay, *Ambroise Paré naturaliste*, Laval, 1926 ; F. H. Garrison, *Introduction to the history of medicine*, 4e éd., Philadelphie-Londres, 1929 ; A. Castiglioni, *The Renaissance of medicine in Italy*, Baltimore, 1934 ; P. Delaunay, *La vie médicale aux XVIe, XVIIe et XVIIIe siècles*, Paris, 1935 ; G. Zilboorg, *The medical man and the witch during the Renaissance*, Baltimore, 1935 ; K. Sudhoff, *Paracelsus*, Leipzig, 1936 ; M. Laignel-Lavastine, *Histoire générale de la médecine*, etc., Paris, 1936-1949, 3 vol. ; A. Castiglioni, *Storia della medicina*, 3e éd., Milan, 1948 (trad. franç. par Bertrand et Gidon, Paris, 1931) ; P. Diepgen, *Geschichte der Medizin*, 1, Berlin, 1959 ; M. T. Gnudi et J. P. Webster, *The life and times of Gaspare Tagliacozzi*, New York, 1950 ; G. Singer et A. E. Underwood, *A short history of medicine*, Oxford, 1962 ; L. S. King, *The growth of medical thought*, Chicago, 1963 ; M. Bariéty et C. Coury, *Histoire de la médecine*, Paris, 1963 ; F. H. Garrison et L. T. Morton, *Medical bibliography*, second edition revised, Londres, 1965.

علم الحيوان

Zoologie : J. V. Carus, *Geschichte der Zoologie*, Munich, 1872 (trad. fr., Paris, 1880) ; G. Loisel, *Histoire des ménageries*, 3 vol., Paris, 1912 ; J. H. Gurney, *Early annals of ornithology*, Londres, 1921 ; M. Boubier, *L'évolution de l'ornithologie*, Paris, 1925 ; P. Delaunay, *Ambroise Paré naturaliste*, Laval, 1925 ; Id., *Pierre Belon naturaliste*, Le Mans, 1926 ; J. Anker, *Bird books and bird art*, Copenhague, 1938 ; T. S. Hall, *A source book in animal biology*, New York, 1951 ; F. S. Bodenheimer, Léonard de Vinci et les insectes (*Rev. Synthèse*, 77, 1956, 147-152) ; P. Delaunay, *La zoologie au XVIe siècle*, Paris, 1962 ; G. Petit et J. Théodoridès, *Histoire de la zoologie des origines à Linné*, Paris, 1962 ; M. D. Grmek et D. Guinot, Les crabes chez Ulysse Aldovrandi : un aperçu critique de la carcinologie du XVIe siècle (*Colloque int. Hist. biol. Marine (Banyuls, 1963)*, 45-64, Paris, 1965) ; G. Petit, Conrad Gesner zoologiste (*Gesnerus*, 22, 1965, 195-204) ; J. Théodoridès, Conrad Gesner et la zoologie : les Invertébrés (*Gesnerus*, 23, 1966, 230-237) ; C. Nissen, *Die zoologische Buchillustration...*, Stuttgart, 1966 ; H. Fischer, *Conrad Gesner*, Zürich, 1966.

علم النبات

Botanique : E. Meyer, *Geschichte der Botanik*, 4 vol., Königsberg, 1854-1857 ; K. F. W. Jessen, *Botanik der Gegenwart und Vorzeit in culturhistorischer Entwicklung*, Leipzig, 1864 (éd. fac.-sim., 1948) ; F. J. G. Sachs, *Histoire de la botanique*, Paris, 1892 ; L. Legré, *La botanique en Provence au XVIe siècle*, 5 vol., Paris, 1899-1904 ; E. L. Green, *Landmarks of botanical history*, Washington, 1909 ; F. W. T. Hunger, *Charles de L'Écluse*, La Haye, 1927 ; C. S. Gager, *Botanics gardens in the world*, New York, 1937 ; M. Möbius, *Geschichte der Botanik*, Iéna, 1937 ; T. A. Sprague et M. S. Sprague, The herbal of Valerius Cordus (*J. Linnean Soc. London*, Bot. 52, 1-113, 1939) ; H. S. Reed, *Short History of the plant science*, Waltham, Mass., 1942 ; W. Blunt, *The art of botanic illustration*, Londres, 1951 ; C. Nissen, *Die botanische Buchillustration*, 2 vol., Stuttgart, 1951 ; A. Arber, *Herbals*, 2e éd., Cambridge, 1953 ; A. Davy de Virville et divers, *Histoire de la botanique en France*, Paris, 1954 ; L. Emberger et H. Harant, *La botanique à Montpellier*, 1959.

القسم الثاني :

القرن السابع عشر

بعد الحقبة المضطربة التي سادت عصر النهضة ، حيث دخل الغرب باتصال وثيق مع العلم القديم ، مع اظهاره ، في مختلف المجالات رغبة اكيدة في الابداع ، شاهد القرن السابع عشر ولادة علم جديد في اوروبا الغربية ، علمٌ تطور في القرون اللاحقة ثم انتشر قليلا قليلاً في مجمل العالم .

هذه الثورة التي سوف نحلل مظاهرها المختلفة وظروفها وخصائصها في فصل تمهيدي ، سوف يكون لها نتائج لا تحصى .

وكانت الرياضيات مجالاً في أوج غليانه فشاهدت ولادة او تجديد الجبر ، ونظرية الاعداد وحساب الاحتمالات والجيومتريا الاسقاطية والحساب التفاضلي المتناهي الصغر . وكانت أوجه التقدم المحققة مهمة الى درجة ان حقل عمل ووظائف الرياضيات قد تغيرت بصورة كلية . هذا السلاح ، وقد اصبح اكثر قوة واكثر فعالية ، طبق بصورة تدريجية على مختلف فروع العلوم الفيزيائية : مثل الديناميكا التي شكلت في البداية ، بين غاليليه ونيوتن علماً مستقلاً ، اما الميكانيك السماوي الذي وضع كبلر (Kepler) ونيوتن مبادئه ، ضمن اطار نظام كوبرنيك (Copernic) فقد اعتمد بصورة نهائية ؛ اما الاوبتيكا أو علم البصريات فقد تحول بصورة تدريجية الى علم رياضي . وحدثت تقدمات موازية في المجال التجريبي وذلك بفضل اختراع المنظار والميكروسكوب ، وبفضل اكتشاف قوانين الاوبتيكا جيومتريكا ، وبفضل الدراسة الاكثر دقة للظاهرات المغناطيسية والكهربائية . في حين فتح البحث العملي ، في مجال الكيمياء ، الطريق ، بصورة تدريجية أمام التجديد الحاصل في القرن اللاحق .

وفي مجال علوم الحياة كُسِفَتْ التقدمات ، غير الكافية يومئذ ، والحاصلة في مجال وصف وتصنيف الكائنات الحية ، كُسفت بفضل اكتشاف الدورة الدموية الكبرى ، وانتشار نظرية الانسان الآلة ، وولادة وتطور التشريح الميكروسكوبي بصورة سريعة ، وبفضل دراسة مسألة التوالد وبدايات الفيزيولوجيا النباتية .

انعكست هذه المكتسبات المتنوعة في مجال الطب الذي تفردن بصورة تدريجية واتسم بصفة اكثر

علمية ، مع افساح المجال الواسع أمام المناقشات النظرية . واخيراً تشكلت علوم الارض ، بشكل علم مستقل هو علم الجيولوجيا ، الذي قطع علاقته بالمعتقدات الوسيطية ، وانكبّ على دراسة تكوين وتاريخ الارض .

اقترن هذا التقدم الواسع الذي سوف نحلله في الفصول المتتالية من هذه الدراسة ، بتطور عميق في العقلية وفي مناهج العلم . لقد وضع علماء القرن السابع عشر : من جيلبرت (Gilbert) وكبلر (Kepler) وغاليلية (Galilée) وهويجن (Huygens) ومالبرنش (Malebranche) وليبنز Leibniz ونيوتن مروراً إلى باكون Bacon وهارفي Harvey وديكارت Descartes ، هؤلاء وضعوا مبادىء العلم الحديث . وهؤلاء الرجال العباقرة ، وهم يناضلون نضالاً صعباً ضد المعتقدات الجامدة وضد الروتين ، يحركهم ايمان قوي بقيمة جهودهم ، عرفوا كيف يستنبطون المبادىء الكبرى التي كانت ، في أغلب الاحيان ، في أساس تصوراتنا ومفاهيمنا الحاضرة . لا شك ان ابداعاتهم الجريئة ، لم تكن لتصل ، مرة واحدة ، إلى الكمال ، بل أخطاءهم ، وافراطهم قد صحح فيما بعد ، وأحياناً بصعوبة ، من قبل خلفائهم . ولكن هؤلاء العلماء ، كان لهم ، على الاقل ، الفضل العظيم بخلق المناهج الاصيلة والخصبة ، في تجديد مجالات واسعة من العلم ، واعطاء البحث العلمي قفزة حاسمة .

الثورة العلمية في القرن السابع عشر

يُرى القرن السابع عشر عادة وكأنه فيه بدايات العلم الحديث . وهذا الرأي ليس خاطئاً ولكنه يتطلب تفسيراً في جميع الاحوال . من المسلم به ، في هذا الشأن ان نعت « حديث » يبقى دائماً نسبياً . وبهذا المعنى يجب أن نحترس ، بعناية من الافراط في « التحديث » ، تحديث جيل ديكارت وحتى جيل نيوتـن ، تحت طائلة ، اما عدم فهمهم ، أو التعرض لخيبة أمل غير محققة .

حب القديم والفكر الجديد ـ ان تناسي اختلاف العالم الذي كان يعيش فيه هؤلاء وكم هو مختلف عنا وعن عالمنا ، يوقعنا في عدم فهم هؤلاء القوم . وكان لا بد من انتظار نهاية القرن حتى يتبلور مفهوم الجرم Masse . كانوا يجهلون يومئذ معاني كمية الحرارة والخلية الحية ؛ ودراسة المغنطيسية والكهربائية كانت في بداياتها وكذلك دراسة الجيولوجيا . كان ديكارت يرى في الرعد إنفجار خليط انفجاري ، وكان يرى في الينابيع في الجبل نوافير من ماء المحيط . وحتى النظرية القيمة مثل نظرية مركزية الشمس في الكون ، كانت تحتاج ، حتى مجيء نيوتن ، الى براهين حاسمة . وحتى الفيزيولوجيا الميكانيكية ، في مجال نظرية الحيوانات الالية ، لم تكن تقدم الا صورة وصورة استنسابية خالصة .

حول الكثير من الأمور التي كثيراً ما كانت غير مستقرة ، كان التأمل النظري يأخذ مداه مرتاحاً ، ويتسم بالمدرسية بشكل غريب ، ابتداء من استنباط الكون من قبل ديكارت وصولاً الى المنازعات بين دعاة الطب الميكانيكي والطب الكيميائي أو النزاع بين القوى الحية . وإذا انطلقنا من فكرة أن هؤلاء العلماء قد أسسوا العلم الحديث ، ثم اكتشفنا هذه الاخطاء وهذا القصور ، لأصبنا بالخيبة ، وربما نازعتنا انفسنا في تصنيفهم داخل غياهب عصر سابق على العلم .

ولكن هذه الخيبة تكون ظالمة تماماً . وكم يقول ، وهو على صواب ، هـ. بترفيلد (H.Butterfield) : ماذا يصيب عظماء العلم الحالي لو كان عليهم ان يستخرجوا بأنفسهم أسس العلم بالذات ؟. إذ انها أسس علم جديد تلك التي كان على علماء القرن السابع عشر أن يعثروا عليها وقد فعلوا حقاً . وعلى صعيد الاكتشافات تعتبر تقديماتهم مدهشة : فقوانين كبلر (Kepler)،

وميكانيك غاليلي، ونظام الدورة الدموية عند هارفي (Harvey) ، وجيومترية ديكارت ، وجيولوجيا ستينون واوبتيكا نيوتون وفلكه ، وعالم الحيوانات الصغيرة عند لوينهوك (Leeuwenhock) . كثير من الاحلام ومن الاباطيل امتزجت داخل الحقائق ، أو ليس هذا هو شرط البحث في كل عصر وفي أي عصر ؟ ولكن ان نحن تساءلنا كيف حصلت هذه النتائج ، وان نحن فهمنا أنه كان من الواجب تغيير الفكرة المتكونة لدينا عن البحث وعن العلم منذ ارسطو ، اذاً لما امكننا الا الاعجاب بدون تحفظ .

معجزة السنوات 1620 ـ تكلمنا عن المعجزة اليونانية . وبالنسبة الى العلم ، كانت هناك ايضاً معجزة السنوات 1620 . فبدلاً من فيزياء النوعيات ، جاءت فيزياء الكمية : وبدلاً من الكون المنتظم المرتب ، جاء دور الكون « غير المحدد » ، المكون من ظاهرات متعادلة ، وكثيراً ما كانت بدون غاية ؛ وبدلاً من عالم محسوس بالادراك المباشر ـ والممدد بفضل الميكروسكوب الى أبعد من عالم الادراك والرؤية ـ جاء عالم الفكر الرياضي .

ولا شيء من كل هذا ، قد زال حتى الان . ولكن كل هذا كان يومئذ جديداً ، وكان من الواجب من أجل اكتشافه ، وقوع ثورة حقيقية .

وعظمة القرن السابع عشر ، التي لا مثيل لها ، لا تكمن في أنه رأى الى حد ما أشياء اكثر من سابقيه ، بل أن عظمته تكمن في أنه رأى العالم بعيون جديدة ، وبواسطة مبادىء ما تزال معتمدة . من هنا يمكن ويجب أن ينعت بأنه رائد العلم الحديث .

I ـ الحياة العلمية

لقد نشأ العلم الجديد على هامش العلم الرسمي ، وضده في كثير من الاحيان . واذاً فهو علم من صنع بعض المتفردين المعتزلين .

وسابقو هؤلاء كانوا يلتزمون بالسرية الحذرة . وكان موضوع السرية محترماً بشكل غريب طيلة القرن .

فضلاً عن ذلك ، وفي بداية القرن السابع عشر ، لم يكن هناك جمهور مؤهل لهذا النوع من الدراسات . وقد اشتكى باكون (Bacon) ، من أن كل شيء كان في خدمة رجال الادب . والميتافيزياء ، أما التجريبيون فلا شيء لهم ! وبعد مئة سنة كثرت كتب تيسير العلم .

ومع ذلك يجب أن نحذر ، في هذا التاريخ ، من الوقوع في المثالية أو الغزلية ! فالعالم ، كما يذكر ج . بلسينر (J.Pelseneer)، العالم بحق ، والمخترع ، ظل تقريباً دائماً ، مثل الفنان ، انساناً معزولاً ؛ وقد احتفظ روبرفال (Roberval) بقسم كبير من اكتشافاته حرصاً عليها . وفي النزاع حول التجربة البارومترية ، بدا روبرفال (Roberval) نفسه ، وبسكال (Pascal) ايضاً ، جائرين تجاه الاب

ماغني (P.Magni) الذي بدا من جهته قليل المبالاة بشكل استثنائي . وقام نزاع مماثل ايضاً حول اكتشاف الحساب اللامتناهي الصغر. وقد كتب ديكارت (Descartes)، الذي يذكر عنه أقوال جميلة حول التجارب التي يجب أن تتم بصورة مشتركة ، وحول واجباتنا كي نعد لاحفادنا علماً أفضل ، رغم ذلك كتب ، في خطاب المنهج (القسم 6) معالجة حقة لعالم معزول : ان التجارب التي يقدمها لــك الاخرون باعتبارها سرية ، ليست كذلك ، ويصعب استعمالها ، لأنها مرتبطة دائماً بنظام صاحبها أو مؤلفها ؛ هذه التواصلات تبدو غالباً تافهة ، ومضيعة للوقت فلا تستحق الاعتناء بها .

وكان ديكارت (Descartes) في عزلته في هولندا يغير منزله كثيراً حتى يأمن عدم الاهتداء اليه .

وكان لا يؤمن الا بنفسه ، وكان يعتقد أن مطلق نظام يضعه فردٌ واحد هو أفضل من هذه التجميعات المتنافرة التي اشترك فيها بناةٌ كثيرون . وكان نيوتن (Newton) رغم الهالة التي اضفاها عليه النجاح السريع يتضايق ، حتى في التعبير عن فكره، من هجوم الديكارتيين (Cartesiens) عليه بصورة دائمة . ويمكن القول أن العلماء الاعلام في مجملهم كانت لهم في هذا القرن عقلية « الاسياد الكبار » الغيورين على امتيازاتهم .

وكان تبادل وجهات النظر يبدأ بشكل تحديات . وكان هذا الإجراء استمراراً للتراث المدرسي التنافسي . ولكنه كان ايضاً اسلوباً في اظهار النفس . أما عادة التوجه الى الجمهور العام مباشرة وهي عادة جديدة تماماً ومن فوق الجامعات المستعصية وذلك بنشر الكتب العلمية باللغة العامية ، فكان لها وقع آخر : من هذه الكتب : ديالوغو (1632، Dialogo)، الخطاب 1637 . بانتظار « اوبتيك » نيوتن .

هؤلاء « السادة العظام » كانوا يفتشون لانفسهم عن جمهور وهذا الجمهور اخذ يتكون .

المثل الايطالي - في القرن 16 تكونت بورجوازية غنية ارادت التخلص من السادة التقليديين ، وساندت البحوث الجديدة . ولكن امراء ، امثال آل مدسيس (Medicis) ، وكرادلة وباباوات كان عندهم علماؤ هم الرسميون .

وكانت المدن ذات الاصول العريقة المستقلة مثل بادو وبيزا وفلورنسا تسعى الى ان يكون لكل منها علماؤها المشهورون العاملون لحسابها . ومن ايطاليا اتى العلم وكذلك الفن ، كما كان تقريباً كل العلماء الفرنسيين في القسم الاول من القرن 17 يعرفون الايطالية التي كانت مع اللاتينية ، اللغة العلمية الاولى . ومنذ 1603 تشكلت في روما ، تحت رعاية الامير فردريك سيزي (Federico Cesi) أول اكاديمية للعلماء « اكاديميا دي لنسي » (Accademia dei Lincei) وكان من اعضائها غاليلي (Galilée) . وبعد نصف قرن أراد الدوق الكبير ، دوق توسكانة ، فردينان (Ferdinand II) ، أن يكون له في فلورنسا مجموعته العلمية ، فكانت اكاديميا دل سيمنتو (Accademia del Cimento) (اكاديميا التجربة) حيث جلس من 1657 الى 1667 فيفياني وبورلي (Viviani , Borelli) وريدي (Redi) وستينون (Sténon) الخ .

وتعتبر حياة غاليله (1564 - 1642) المثل على الفضول وعلى المخاطر التي كانت تنتظر العلم الفتي . فقد عيّنه الدوق الكبير ، دوق توسكانة ، استاذاً للرياضيات في بيزا ، مدينة مولده ، واجتذبه الى بادو مجلس شيوخ البندقية ، بعد أن أثبت جدارته وكفاءته ، ثم استدعي الى فلورنسا من جانب الدوق الكبير . ورغم ذلك لم يكن بالامكان انقاذه من المحاكمة في سنة 1633 . وكان ابعاده الى آرستري (Arcetri) حيث مات ، قد لُطِف بوجود تلميذه فيفياني (Viviani) الى جانبه وكذلك وجود توريشلي (Torricelli) . واكثر من ذلك انه استطاع كتابة ونشر الديسكورسي « الخطابات » سنة (1638 .

الفلاندر والبلدان المنخفضة ـ كانت بلاد الفلاندر والبلدان المنخفضة غنية وماهرة مثل ايطاليا ، فسارت هي ايضاً في طليعة التقدم . ومن المشهور المعروف كيف أُيْقِظَ ديكارت على البحث العلمي من قبل اسحاق بيكمان (Isaac Beeckman) وهو عالم منسي منذ زمن بعيد ، اكتشفه في ايامنا تبحر ش . دي وورد (C.de Waard) . وفي بروج ، ثم في هولندا اعتبر سيمون ستيفن Simon Stevin (1548-1620) الرياضي ومهندس السدود في هولندا ، المثل الكامل للاهتمام الذي تثيره في هذه الاقاليم فيزياء خرجت اخيراً من التفلسف ووضعت في خدمة الانسان . كان آنتوني فان ليونهوك (Antony van Leeuwenhoek) (1632 - 1723) بائع قماش في دلفت (DELFT) ، وأسندت اليه مهمات بلدية ونقابية مهمّة ، ولكنه لم يترك مكتبه التجاري وطاولة التجارب لكي يستلم منبر تعليم . وكان العلماء والباحثون الذين ، مثل ديكارت ، تراكضوا باعداد كبيرة ، من العديد من بلدان اوروبا ، نحو هذه الاقاليم الجدية والمطلعة جداً ـ يبتغون فيما يبتغون في أغلب الاحيان ، البحث فيها ، عن حرية تعبير لم يكونوا يجدونها دائماً في بلادهم .

ولم يكن ـ بأقلّ قيمة ، في هذه البلدان ـ عمل الناشرين الكبار أمثال الزفير (Elzevirs) ، في المقام الاول ، والذين أوكل اليهم غاليليه ، من ايطاليا البعيدة ، نشر كتابه الخطابات (= ديسكورسي) ، وامثال غيره ايضاً كجان مير (Jean Maire) الذي نشر « خطاب المنهج » لديكارت . وقد وضع القاضي الكبير قسطنطين هويجن (Constantijn Huygens) ، ذكاءه وتأثيره بخدمة العلماء الفرنسيين أمثال ديكارت ومرسين (Mersenne) . وأصبح هؤلاء باكراً ملهمي ابنه كريستيان هيجن Christiaan Huygens (1629-1695) الذي أمّن عمله الرياضي والفيزيائي الصلة بين أعمال غاليلي ونيوتن . وذهب بنفسه ليقيم في فرنسا حيث بقي من سنة 1666 الى سنة 1681 ، يتلقى حتى مماته من لويس الرابع معاشاً كما ظل عضواً في الأكاديمية الملكية للعلوم .

انكلترا ـ وقامت حركة موازية في انكلترا . كان العلماء الانكليز من كبار الرحالة ـ وغالباً بالرغم عنهم ، وذلك على أثر الاضطرابات الاهلية ـ وقد تجولوا كثيراً في فرنسا وايطاليا وفي البلدان المنخفضة .

ولكن علم القرن السابع عشر بدأ عندهم مع وليم جيلبرت (William Gilbert) (1540-1603) ومع كتاب «المغناطيس» «الماغنيت» (Magnete) لسنة 1600 . كان جيلبرت طبيباً عند

الملكة اليزابيت ثم عند جاك الاول . وترك عند موته اوراقاً ثمينة لم تنشر الا سنة 1651 على يد أخيه : « د موندو نوسترو سوبليناري فيلوزوفيا نوفا (De mundo nostro sublunari Philosophia nova) . وكان فرنسيس باكون (Francis Bacon) (1561 - 1626) على شهرته ، اقلّ قيمة علمية ، وبصورة خاصة انه لم يفهم أن العلم الجديد هو علم رياضي . وكان فيلسوفاً اكثر مما كان عالماً ، وقد كانت لديه الشجاعة بان يجعل العلماء يعملون ، مبيناً لهم ان الفيزياء القديمة قد تم تجاوزها . وعمل على الربط بين النظرية والتطبيق ؛ وبحكم موقعه كوزير انكليزي (Chancelier-d'Angleterre) قبل أن يخسر مركزه في دعوى أدت به الى السجن ، ثم الى عزلة تعيسة ، استخدم نفوذه من اجل رفع شأن العالم التجريبي ، الذي ظلّ محتقراً لمدة طويلة باعتباره مجرد حرفي . وقبل نشر « نوفم اورغانم » (Novum organum) بسنتين (1620) الحق في بلاط جاك الاول وليم هارفي (William Harvey) (1578 - 1657) الذي سوف يقلب الافكار الالفية حول الدورة الدموية في كتابه (Exercitatio anatomica de motu cordis et sanguinis in animalibus (1628).

وقد ألح باكون (Bacon) على ضرورة التبادل الفكري ، وكان نداؤه قد سمع . ونما التراث الباكوني بصورة رئيسية ضمن دائرة قامت في كامبريدج اولاً ثم انتقلت الى لندن ، بايعاز وتشجيع من تيودور هاك (Theodore Haak) وهو الماني عاش في انكلترا . وتشكلت مجموعة علمية اخرى في اوكسفورد ، استطاعت ان تجتذب روبير بويل (Robert Boyle) (1627 _ 1691) هذا النبيل الكبير الذي كان ايضاً رجل علم كبير . وفي 28 تشرين الثاني 1660 تأسست في « غريشام كوليج » (Gresham college)، الجمعية الملكية . واخذت تظهر « المقالات الفلسفية » الشهيرة في سنة 1665) تحت رعاية اولدنبرغ (Oldenburg) شخصياً ـ وقد جاء هو ايضاً من المانيا ـ ولم تصبح هذه المقالات الناطق الرسمي باسم « الجمعية الملكية » الا في القرن 18 . إلا أنها منذ بداياتها الاولى ساعدت كثيراً على نشر الاكتشافات والافكار الجديدة في انكليترا وفي كل اوروبا .

وفي انكلترا ايضاً انتهى علم القرن 17 الى كماله في اعمال اسحاق نيوتن (Isaac Newton) (1643 — 1727، الطراز الجديد) الذي يجب أن لا ينسينا ، على كلٍ ، كفاءات نظيره وخصمه روبر هوك (Robert Hooke)، (1635 — 1703) . جاء نيوتن الى العالم ، بعد عدة اشهر من موت غاليلي ، فعمل على دحر الشكوك التي اعترت العلم الميكانيكي الاول ، وذلك بفضل توصله الى تركيب عظيم ، كان ما يزال ينازع فيه الديكارتيون وليبنيز ، الا انه قد ساد القرن 18 . واصبح نيوتن عضواً في البرلمان ، وانتخب في سنة 1703 رئيساً للجمعية الملكية وظلّ يعاد انتخابه حتى وفاته ، وقد هنىء بأن رأى عبقريته تتكرس بفعل اعجاب مواطنيه الشديد بها .

فرنسا ـ في فرنسا تولى رعاية المجموعات العلمية الاولى نبيلان (على الاقل عرضاً) وارثان او قريبان من التراث الايطالي : بيرسك (Peiresc)، مستشار في برلمان بروفانسا، ومازاران (Mazarin) الذي اسس مكتبته الفخمة ، وأقام عليها البارع العظيم غبريال نودي (Gabriel Naudé) . كما تلقى

مازاران اهداءً العديد من الكتب العلمية . وكانت المدن الكبرى في الارياف تضم علماء وموسوعيين ذوي قيمة : بيرسك (Pieresc) في اكس آن برفانس ، فيرمات (Fermat) في تولوز ، اتيان باسكال (Etiennc Pascal) في كليرمون فران ثم في روان . ولكن المركزية حدثت في هذه الأثناء ،وسوف تنمو الحياة العلمية في باريس وباريس هي التي ستشهد نمو الحياة العلمية .

وكانت هذه الحياة ، في باريس وفي الارياف ، غيرمدينة الا بـالقليل للجـامعات ، التي ظلت مـدرسيـة . بعـد ان تجـاوزتهـا « الكليـة الملكيـة » التي ضمت غـاسـانـدي وروبرفال (Roberval, Gassendi) . وجمع الأخوان دوبوي (Dupuy) مجموعة ذات آراء حرة جداً . ولكن الصنـاع الاكبر لحياة علمية مشتركة كان الاب ماران مرسين (P.Marin Mersenne) (1588-1648) . وكان كاهناً من سلك « المينيم » (Minimes) كرس حياته للعلم . ومنذ (1634) كتب يقول « لقد تعاهدت العلوم فيما بينها ان تقيم مجتمعاً منيعاً » . إذاً يتوجب على المتخصصين في كل العلوم ان يتشاوروا فيما بينهم وان يقارنوا بين اكتشافاتهم . والعلم سوف يتقدم اكثر لو سرت عادة العمل معاً : وأضاف : « لست أول من نادى بهذه الشكاوى » وقد آن الاوان للانتقال الى العمل . أما عمله هو بالذات فسوف يكون « هذه المراسلات » التي أمنت الاتصال بين علماء العالم أجمع ـ لانه كتب حتى الى القسطنطينية وحتى الى ترانسيلفانيا ـ وسوف يسحب العديد من علماء الارياف من عزلتهم . ومن عمله أيضاً نشر « ميكانيك غاليلي » ثم « افكار جديدة لغاليلي » ثم صدور خمسة كتب « تجديدية » حول العلم ، ثم اخيراً ، في سنة 1635 ، والى جانب مجموعة دوبوي (Dupuy)، تشكيل هذه « الاكاديمية الباريسية » اول انجاز لحلم كبير ، إذ كان يريد تجميع العلماء من كل المجالات . وكما كرست الاكاديمية الفرنسية فيما بعد صالون كـونرار (Conrart)، فسـوف يكون تـأسيس كولبـير (Colbert) لاكـاديميـة العلوم ، سنـة 1666 ، الاستعادة الرسمية لهذه المشاريع الخاصة . وابتداء من سنة 1665، ورغم الحوادث والانقطاعات ، اخذت تظهـر « جريـدة العلماء » . والكل يعلم ، بعـد موت ديكـارت كيف اخذت تنـاقش حتى في صالونات النساء المتحذلقات ، « العواصف والعوالم الهابطة » .

وهناك اسمان كبيران في العلم الفرنسي في القرن 17 يذكراننا بـأن هذا العلم ، تحت الـوحدة الظاهرة التي يريدها له كتاب تاريخ عجول، بدا متنوعاً ومختلفاً الى أقصى حد، باحثاً عن الحقيقة من طرق متناقضة أحياناً : ديكارت (1596 ـ 1650) ـ الذي امضى في هولنـدا سنوات درس اكـثر مما في فرنسا قبل ان يذهب ليمـوت في ستوكهـولم، هو المنـظر الساعي الى ايجـاد علم استنتاجي ، انمـا على مبادىء اخرى ، شبيهة بعلم أرسطو ؛ وبـاسكـال (Pascal) (1623-1662) هـو بعكس ديكـارت التجريبي الحذر الذي يحذر المبادىء، لانها في نظره مجرد خلاصـات مؤقتة لاحـداث حصلت . هذا التيـار الذي يـدل عليه ايضـاً روبرفـال (Roberval) (1602 - 1675) هو الاعم والاكـثر وقوعـاً . ولصالح هذه البراغماتية، صدرت العبارات الاولى الـدالة عـلى علم ايجابي وحتى وضعي عن رجـلي دين : مرسين (Mersenne) والاب مالبرانش(Malebranche) (1638-1715) . وكان هذا الاخير وبآنٍ واحد عالماً ومتصوفاً . وهكذا دخلت الفيزياء الجديدة الى فرنسا ، رغم محاكمتهـا سنة 1633 ،

بدون الكثير من المقاومة ، في جمهور كبير واسع .

اوروبا الوسطى - في اوروبا الوسطى اخذ جمهور علمي يتكون انما ببطء اكبر . في 29 أيلول سنة 1646 كتبت الاميرة اليزابث من برلين الى ديكارت تقول انها لا تجد عندها الا القليل من العلماء « وهذا يعود الى ان كل الشعب فيها فقير الى درجة ان احداً فيها لا يدرس او لا يفكر الا من اجل المعيشة » . وفي الاضطراب السياسي ، كان كل عالم يفتش عن حظه حيث يستطيع : تيكو براهي (Tycho Brahé) في هيڤن ، ثم في براغ ، والاب ماغني (P.Magni) في وارسو ، وهفليوس (Hevelius) في دانزغ . وترك ستينون (Sténon) بلد مولده الدانمارك ليذهب الى ايطاليا . ولكن كل شيء كان رهناً بتدابير الملك . و« أنجلة » السويد علمياً لم تعش بعد ذهاب الملكة كريستين . وتدل الحياة المعذبة التي عاشها جوهان كبلر (Johann Kepler) (1571 - 1630) - الذي طرد من كرسيه في غراز (Graz) من اجل ارائه البروتستنتية ، والذي استقبل في براغ وغيرها انما بأجر زهيد ، والمشبوه ايضاً في لينز Linz والذي اضطر الى الدفاع عن امه بجرم الشعوذة ، والى الركض باستمرار وراء المعونات الموعودة انما غير المحققة ابداً ، كل هذا يدل على الظروف الصعبة التي كان يعيشها يومئذ في تلك البلدان عالم سيء الحظ .

وفيما بعد عرف العلماء استقراراً اكبر . فقد استخدم غوتفريد ويلهلم ليبنيز (1646 — 1716) (Gottfried Wilhelm Leibniz) - وهو فكر شمولي ، ورحالة كبير ، ومستشار سياسي ودبلوماسي وجد في مكتبة هانوفر Hanovre ،وكان حافظاً لها ، ما يغذي سعة علمه المدهشة - كل تأثيره ، الذي كان عظيماً ، لنشر « المعارف والانوار » . وفي سنة (1700) أسس اكاديمية العلوم في برلين . ومنذ البداية (1682) ساهم في « الاعمال الموسوعية » التي نشرت في ليبزيغ ، والتي ادت خدمات جُلّى ، بآنٍ واحد ، بمستواها العالي ثم بكونها محررة باللاتينية ، فكانت مفهومة من علماء جميع البلدان .

من المجموعات الخاصة في الفيزياء الى المختبر - على هامش الاكاديميات والمجلات العلمية تجب الاشارة ايضاً الى التشجيع التي كانت تلاقيه المجموعات الخاصة ، او التي كانت تسمى يومئذ « بالمقصورات » . والحقيقة ان هذه المقصورات كانت تتضمن كل شيء ، وكانت اشبه شيء بالبازار . وكانت مجموعات دوبوي Dupuy تجتمع في مقصورة الاخوين ؛ وكان للاب مارسين (P.Mersenne) مقصورته الخاصة التي تتضمن خاصة أدوات الفيزياء ؛ أما مقصورة الاب كيرشر (P.Kircher) في روما فكانت تتضمن اشياء اكثر تنوعاً ، من المتحجرات ، والبلورات والاسنان وقرون وحيد القرن الخ . ولكن شوهدت اشياء اكثر ندرة في مقصورات رومانية : من ذلك مثلاً تنينان عظيمان من القش المحشي (كما كان فيها تنين الاساطير الحق) وكان احدهما في متحف بابريني ، والآخر في متحف ألدروفاندي (Aldrovandi) ! .

ويجب أن لا نكون قساة بالنسبة الى هذه البدايات المضطربة في العلم الموسوعي .

فقد كان هؤلاء الناس ، الذين نشأوا على « الفيزياء » السكولاستيكية ، يطبقون الان علم الوقائع ، منصبين على التفصيلات المميزة . وقد كان المسافرون ، وهم مستمرون بالاهتمام بآداب

البلدان التي يزورون ، ذات الذكريات التاريخية او الاسطورية ، كان هؤلاء يزورون العلماء المحليين ، وينظرون الى الملاحات ، والمناجم والكهوف ، ويدونون الملاحظات الآنية عن الادوية المستعملة في تلك المناطق ، الخ . وكانوا يعودون الى بلادهم محملين بالمستندات الضرورية في كل شأن . وأخذت الغربلة تفعل فعلها في النصف الثاني من القرن السابع عشر ، عندما اخذت الافكار تتوضح وتكاثرت المجموعات الرسمية او الخاصة وكذلك الجنائن النباتية يومئذ ، كما تكاثرت ايضاً مراصد الهواة : لقد اشار الاب همبرت (P.Humbert) الى ما لا يقلّ عن 23مرصداً في باريس بين سنة 1610 و1667 . وفي أواخر القرن فتحت المراصد الكبيرة الاولى الرسمية الحديثة مثل مراصد باريس (1672) ومراصدغرينيتش (1675) .

II ـ الطبيعة كُتبت بلغة الرياضيات

وردت هذه العبارة منذ 1623 في كتاب ساغيتور (Saggiatore) لغاليلي . وهي عبارة فريدة في ثوريتها فهي ، على الاقل بالنسبة الى العالم، طردت الطبيعة القديمة ، تنظيم هيولي من الاشكال ومن الصفات . وبرزت طبيعة جديدة ، مجمل مترابط من الاحداث الكمية . بل ان معنى البحث سوف ينقلب رأساً على عقب .

أفضلية الرياضيات وأسبقيتها ـ ان عبارة « الطبيعة كتبت بلغة الرياضيات » هي عبارة ثورية ايضاً ولكنها ايضاً مخاطرة ، وبشكل فريد لا شك ان غاليلي كان يدرس منذ 20 سنة سقوط الاجسام . ولكنه لم ينشر الا في سنة 1632 ، في ديالوغو (Dialogo)، العبارات الكافية المرضية في سنة 1623 ، ومن اجل اثبات ان الطبيعة هي رياضيات ، لم يكن هناك ، على صعيد الوقائع الا المذكرات العتيقة حول طول الاوتار المرنة ، وحول قانون (غير الصحيح) الانكسار لكبلر (Kepler) ، وكذلك مبدأ ارخميدس (Archimède)، حول المخل ، ثم بعد 1609 ، قوانين كبلر ، وكلها مقدمات فخمة ولا شك . ولكنا نعلم كيف تصرف غاليلي بحذر غريب تجاه اكتشافات كبلر . وعلى كل حال ، هناك هوة كبيرة بين تحقيقات بعض التقارير الرقمية الثابتة ، والعبارة الواردة في «ساغيتور» (Saggiatore) غاليلي . وليست حالة ديكارت بأقل ابحاء . فقد فكر بالبناء ، قبل اية تجربة ، « على الاسس الثابتة والمتينة » للرياضيات ، بناء معرفة مضمونة . ولكن حالة غاليلي او حالة ديكارت هي ايضاً حالة كل هذا الجيل من العلماء : كتب كبلر يقول في مقدمة كتابه استرونوميا نوفا (Astronomia nova) (1609) : « من الصعب جداً اليوم كتابة كتب في الرياضيات وخاصة الفلكية منها » . فقراءتها تظل صعبة : « ولهذا لا يوجد اليوم الا قليل من القراء الجيدين . . . وانا نفسي ، الذي اعتبر نفسي عالماً رياضياً، اتعب عند قراءة عملي » . ومع ذلك فانه هو ايضاً حرص على تريبض الطبيعة .

الفيثاغورية الجديدة ـ لا شك انه كان من الواجب اعادة النظر بالالة الرياضية بالذات . اذ قلما استعملت هذه الآلة منذ ايام الرومان . كتب كبلر يقول ايضاً : « كم من الرياضيين يجهدون

أنفسهم بقراءة كتاب المخروطات لابولونيوس (Apollonius)، بكامله!» علماً بأن هذه الأسس القديمة ، مضافاً اليها جبركاردان (Cardan) وڤيات (Viète) هي التي سوف تكون نقطة انطلاق رياضيي ذلك القرن في مسارهم الى الامام ، وكان كُلٌ منهم يندفع في اتجاه عبقريته الخاصة .

تجاه هذا العدد القليل من القوانين الكمية ، وحتى في حال غياب وسيلة رياضية كان من الواجب خلقها ، وفي حال لم يكن كبار العلماء قد تعودوا على الحساب ، في مثل هذه الاحوال بدا واضحاً ، ان فكرة ترييض الطبيعة، وهي فكرة مشتركة لدى كل علماء الجيل الاول ، هذه الفكرة لم تكن ابداً **التثبت من واقعة** ، بل كانت أمنية فكر ، لقد كانت مطلباً مسبقاً فخماً . ولكي تبدأ الوقائع تدون في اطار الرياضيات ، كان من الواجب بالدرجة الاولى وضع هذا الاطار في مكانه ، ولهذا كان لا بد في البداية من تصور فائدته او التنبؤ بها . أن كبلر وغاليليه وديكارت في بداياتهم لم يكونوا الا ليستعيدوا حلم فيثاغور ـ الذي عمل على تضليل كبلر في نظرية تجاذب الكرات ـ ، وكذلك حلم افلاطون الفيثاغوري والرياضي، المتروك طويلاً لصالح افلاطون الاسطوري ، من هذا الحلم سوف يبنون بصورة تدريجية واقعاً حقيقياً . ولكن بالنسبة الى علماء الجيل الاول ، سبق الفكر العملي الوقائع سبقاً اكيداً وبعيداً .

III ـ اعادة النظر في مفهوم العلم

كان يلزم القليل من الملاحظات، بهذا الشأن لاضافته الى الملاحظات القديمة من اجل أن يقوم هؤلاء العلماء، عن وعي تام ، ببناء « فلسفة جديدة » اي علم جديد في لغة ذلك الزمن . والواقع ان الفيزياء الكمية لا علاقة لها عملياً بفيزياء النوعيات .

وبصورة حذرة اخذت تحدد خط هدفها . كتب مرسين (Mersenne)، وهو يبنى علم بصريات رياضية خالصة يقول : « وعلى كل لا أريد أن أرمى كلياً كل انواع الاشياء القصدية ». وفسر بقوله أن الصوت المسموع ليس فقط رنيناً في الهواء بل هو أيضاً بناء من العضو الحسي. هل في هذا شيء من الحذر من مواجهة الشكوك والظنون القائمة في قلوب علماء ذلك الزمن ! ليس هذا هو السبب برأينا بل هو شعور بتعقيدات الواقع ، وهو اعتراف له ما يبرره بأن الترجمة الكمية للظاهرات وللاحداث هي تجريد ـ تجريد خصب الا انه لا يستطيع الحلول محل الاحساس . انها ذكرى سعيدة من تكوينه المدرسي .

ومهما يكن من امر فابتداءً من القرن السابع عشر توقف « غرض العلم » عن ان يكون النوعية المدركة ليصبح الكمية المقاسة ، باستثناء الكيمياء والتاريخ الطبيعي ، بالطبع .

مفهوم الظاهرة او الحدث ـ وبذات الوقت عُرِّف بالمعنى الحديث ، وهو معنى جديد كل الجدة يومئذ ،مفهومُ الحدث أو الظاهرة : هذا التجريد الكمي الذي ليس هو كل شيء في الاشياء .

حتى ذلك الحين كانت كلمة علم مقصورة على معرفة الكائن ، اي على معرفة الاشياء الازلية .

أما الظاهر، ظاهر الاشياء فلم يكن الا هبوطاً او نزولاً محتملاً للكائن ؛ وهذا الظاهر لا يشكل موضوع علم ، بل كان فقط مادة إبداء رأي . وكل علم جدير بهذا الاسم يرى في التأويل رجوعاً من المظهر الى كنه الشيء بالذات .

وعلى هذا كان هناك فصل مماثل بين العلم ، الذي هو تأمل في الحقائق الخالدة ، وبين الفن « او الصناعة .(وهو من عمل الحرفي الصانع) الذي هو تعامل تجريبي بالظواهر . الفن « يقلد » الطبيعة ولكنه لا يمسك بها ابداً : من ذلك مثلاً أن الحاصل التركيبي المتكون في المختبر ، لا يكون له ابداً البنية الصحيحة التي للمنتوج الطبيعي .

هذا الاسلوب في التفكير هو ما عمل علماء القرن السابع عشر على تحويله تحويلاً كاملاً . فهم لم يكتفوا فقط بالاستغناء عن ارسطو ، بل ان فيثاغوريتهم لم تعد تأملية فلسفية ، بل اصبحت ناشطة : لقد ارادوا ترييض الطبيعة حتى يروا فيها آلة ضخمة نستطيع نحن ، من الناحية المثالية ان نصنع وان نفبرك ، بموجب قوانينها لا بموجب كينونتها . ومع فيثاغور (Phythagore)، تمت العودة الى ارخميدس (Archimède). وهذا يفترض انهم قد ازالوا التفريق بين العلم والفن ، وانهم تصوروا معرفة الاحداث ، وكأنها امساك ولو جزئي بالطبيعة ذاتها ، باعتبارها « علماً » . وبالامكان التتبع خطوة خطوة ، من باكون الى كتاب القرن الثامن عشر ، لهذا المسار المدهش الذي سوف يقلب معنى الكلمات المفاتيح في كل علم المعرفة .

كان باكون عالم ، ومع ذلك فقد ظل رجلاً من العقلية القديمة . وكان فيلسوفاً، ولكنه تصور بوضوح تام النظام المثالي للعلم الجديد . كان يرى انه من الواجب تكييف المحدد من اجل فهمه بواسطة النظريات الحقة الصحيحة ، و« الفن » ، هذا العمل المحتقر حتى ذلك الحين ـ ربما لانه كان عاجزاً ـ هو تكييف الاشياء، بحيث اصبح الفنان المساعد الضروري « للعلم » النظري . وكما اثبت عن جدارة الأب م. شول (P.M.Schuhl): ان هذا الاتحاد بين النظرية والتطبيق كان يومئذ تجديداً ثورياً. فبدلاً من العبارة القديمة : المعرفة هي التأمل ، حلت عبارة جديدة : المعرفة ، هي الصناعة وهي الانتاج .

عالم من نمط جديد ـ إنّ باكون (Bacon)، وغاليلي (Galilée)، تلميذ ارخميدس الالهي ، وديكارت ، الذي كان يرى ان كل الاشياء الاصطناعية هي بذات الوقت طبيعية ، ومرسين (Mersenne)، وكل العلماء من المدرسة الشابة ادخلوا بالقوة تقريباً عالم المختبر الى الساحة التي كانت حتى ذلك الحين مخصصة للعالم صاحب اللقب الذي يتفلسف حول جواهر الاشياء. نلاحظ فضلاً عن ذلك ان العالم الواصل جديداً ، اذا اراد ان يحصل على آلات جيدة ، كان عليه ان يفبركها بنفسه .

وارتدت « الظاهرة » او الحدث قيمة جديدة. فمن اجل تفسيره لم يعد العلم الفني يبحث ، مثلما كان يفعل العلم القديم ، في ربطه بمبادىء ميتافيزيكية ، بل اعتبره كمعطى متماسك وفسره بعدد

اكتشاف قواعد تماسكه أي القوانين . والنماذج الميكانيكية التي اقترحها الرياضيون ليس لها في العلم القديم الا قيمة « الفرضيات ». هذه النماذج أصبحت كل شيء في العلم الجديد .

وازداد التعلق بالاوتومات في القرن السابع عشر : فكان هناك « الكهوف السحرية »، والابعاد الغريبة المدهشة ، واكمال تصنيع الساعات الدقاقة . ولكن الشيء الذي تم تحقيقه يومئذ لم يكن شيئاً بالنسبة الى المطلوب المبتغى ، إذ أنهم جعلوا من الطبيعة من الناحية المثالية شيئاً اوتوماتيكياً لا حدود له . بالنسبة الى ديكارت النفس تتحكم بحركات الجسد كما يتحكم السقاء بحنفيات القنوات أو كما يتحكم نافخ الاورغ بالهواء الذي يدفعه في الانابيب المختارة .

وهكذا ظهرت الموديلات الاولى المصغرة . درس جيلبرت المغناطيسية والكهرباء الارضيتين على « التِّريلا » وهو مغناطيسي دائري كروي اعتبر بمثابة « ازض » ؛ واستخدم ديكارت كرة هارون الاسكندري (وهي كرة تتحرك تلقائياً بخروج البخار منها) ، لدرس حركة البخار . وابتكر الاب فورنيه (P.Fournier)، ولنفس الغرض مخرطة ذات فتحات مرتبة بإتقان .

الفكر الميكانيكي - وهكذا تكونت الفيزياء الميكانيكية ، وبالتعميم هذه البيولوجيا الميكانيكية ، وحتى ، عند هوبز (Hobbes) هذه السيكولوجيا الميكانيكية ، وهي اشياء حاول « الفن » أن يعيد صياغة طبيعتها ، هذه المجالات استحقت بالتالي اسم « العلم » .

وعلى كل لم يكن هذا العلم في القرن السابع عشر باستثناء ديكارت ، دوغماتيكياً . ان حرص مرسين (Mersenne) : علمنا يعيد صورة الاشياء ولكن الاشياء لها طبيعتها الخاصة ، هو حرص كل علماء عصرة تقريباً . ويقول آخر ان العلم الميكانيكي ، لم يكن ، عند اي مستوى تفسيراً كاملاً ، بل ترك الساحة حرة امام موقف فلسفي . انه براغماتيكي عند مرسين (Mersenne) وغاسّندي (Gassendi) وروبرفال (Roberval) وغالبية علماء القرن ، وكان صوفياً عند باسكال وميتافيزيكيا عند ديكارت وعند نيوتن . في هذا الحوار البادىء بين الفلاسفة والعلماء المحدثين ، اطلق مالبرنش (Malebranche) عبارة كان لها وقع طويل مديد : لنترك للميتافيزيكا دراسة القوة الغامضة الفعالة في الاسباب ، أما العلم فيكفيه معرفة القوانين .

تغير القيم - وبصورة تدريجية على كل حال اتجهت الفيزياء الجديدة الى احتكار كلمة علم المقدّرة تقديراً عالياً يومئذ . وبدا روبرفال (Roberval)وكأنه أول لا أدري بالمعنى الحديث للكلمة، غير شكاكٍ بحسب الاسلوب القديم ، الا انه لم يكن يؤمن الا بالعلم .

وهكذا من باكون (Bacon) الى القرن الثامن عشر بدت المعرفة - والمعالجة - للظاهرات تنساب بخجل في بادىء الامر ثم بطمأنينة وثقة ، في المجال المخصص « للعلم » . حيث تآلفت وتزاوجت مع الميتزافيزيك. ولكن بعد ذلك -رغم أن كلمة عالم كانت تدل في ذلك الحين، كما وردت في « صحيفة العلماء »، على الانسان الموسوعي ، - هذه المعرفة ظلت العلم الوحيد في الفهارس والمصطلحات ، ومن هنا مال بعض الفلاسفة الى اعتبار الميتافيزياء شأناً من شؤون « الرأي » . إنها

مغامرة عجيبة ، مرت غير منظورة ان نحن اكتفينا بالكلمات وحدها ، الا انها اقتضت ، رغم دوام هذه الكلمات ، قلباً حقيقياً لمعانيها .

اصلاح الادمغة ـ لقد غير العلم اتجاهه لأن فكر الانسان قد تغير . يقول مالبرنش : « التجربة تعلم ، الى حدٍ ما انه لا يمكن اقناع الديكارتي عن طريق مبادىء ارسطو ولا اقناع الارسطي بمبادىء ديكارت » . وبالنسبة الى هذا « الفكر العلمي الجديد » لم تعد اعتبارات « المظاهر الحسية » اغراء . لقد فهم غاليلي تماماً ذعر العلماء القدامى (ديالوغو 1632) : فابعادهم عن « الطبائع الخالدة » يعني تدميرهم هذا الملاذ هو هذا الحمى الذي كانوا يحتمون به .ولنشر العلم الجديد لا بد من العمل على اعادة صنع ادمغة الرجال . لماذا الاعجاب بالسماوات التي لا تفنى ؟ الثابتة الازلية ؟ ان الحياة في الحركة ، في الدورة التي تمس الاجيال ويطالها الفساد . وكل شيء عدا ذلك تافه محتقر وميت . ولكن الفكرة سبق ان وجدت في كتاب ماغنيت (De Magnete) لمؤلفه جيلبرت (Gilbert)، والذي صدر رمزياً في فجر القرن أي سنة 1600 . وهو كتاب اعتبره غاليلي مستحقاً للمدح وللغبطة ، وقال باعتباره كأحد الاسس في بناء الفكر العلمي الجديد. كتب جيلبرت يقول : ان الارسطيين يذكرون ان الطبيعة تبحث عن السكون : « ولكن كل الاجيال تولد من الحركة التي لولاها لنامت الطبيعة » . ولهذا بدا جيلبرت كوبرنيكياً على طريقته إذ إنه ما زال يعتقد بوجود روح مغناطيسية للارض ، وهذه فكرة لم يحتقرها لا غاليلي ولا نيوتن . فحرمان الارض من الحركة في حين أن كل الكواكب تتحرك ، جعل الاقدمين يضعون الارض في حالة بؤس : « الارض وحدها في نظرهم هي حثالة تعيسة في العالم ، وهي غير كاملة وميتة وجامدة وبدون فائدة »[1] .

ويقتضي اصلاح الادمغة اصلاحاً في المحبة ، في العاطفة التي تجرؤ على ترك « الملاذ » ملاذ الكائنات التي لا تفسد ، لكي تدرس الظاهرة القابلة للفساد . ونبقى بعيدين عندما نشير ، من اجل تفسير العقلية الجديدة ، الى ترك منهجية التسلط ! وباعتراف غاليليه ، كان جيلبرت (Gilbert) هو المعلم المرشد . ـ وبقول آخر : انه الشاهد الاول المؤكد ـ على هذا الانقلاب . لقد ناضل ضد « الجبن ، جبن الفكر الشعبي » الذي يكتفي بأن يردد ويرفض كل تجديد . واذاً فجيلبرت يجرّم الكسل الفكري ، وتقديم كتابه يعبر عن كل فكره : ان الفقهاء يتعبون انفسهم في تفلسف يدور حول نفسه ، « واني اكتب من اجلكم فقط ، انتم الذين تعرفون بحق كيف تتفلسفون ، انتم المتخلصون من الافكار المسبقة ، الذين يبحثون عن العلم لا في الكتب وحدها بل في الاشياء بالذات ، قد كتبت هذه المبادىء حول المغناطيسية ، المولودة من كيفية جديدة في التفلسف » . من باكون (Bacon) الى باسكال (Pascal)، الى مالبرنش (Malebranche)، لم يكن العمل الا الاجابة على هذا النداء ، ان الفكر العلمي الجديد، هو ، بعد التخلص من علم تأملي ، التحول الى «الحركية» الحديثة ـ ولكنها مصححة بنوع من الميتافيزيك .

(1) Gilbert, de Magnete (Londres, 1600) liv.V chap. 12, p209.

ـ ان هذه الكلمات هي التي استعادها حرفياً غاليليه في كتابه « ديالوغو » .

VI ـ من الكون الكامل الأزلي الى الكون المتحرك

ان يسبق هذا الاصلاح الذهني ، في اغلب الاحيان ، تقدم التقنية (دون ان يكون على الاطلاق ناتجها) هذا ما لدينا الاثبات عليه عبر تاريخ الانتقال من الكون الازلي (Cosmos) الى الكون العرضي (Univers) .

ان الكون [الجوهر] ككل منظم غائي ، غير قابل للفساد ، متراتب محدود بكرة الثوابت ، اخذ يتهاوى ، في الفكر الحديث مع « دوكت اينيورانس » (Docte ignorance) لـ نقولا دي كوي (Nicolas de Cues) (1440). معه بدأ الانسان يخرج من « الملاذ » حيث كان يلوذ الكثيرون من معاصري غاليلي (Galilée) ايضاً . بالنسبة الى دي كوي(De cues) لم يعد هناك مركز قابل للتعيين بالنسبة الى العالم . لقد بنى كوبرنيك (Copernic) فيما بعد عالماً يتمحور حول الشمس ، في حين ان برونو (Bruno) عاد الى فكرة العالم غير المتناهي .

من الملحوظ ان هذه الافكار قد صيغت في بادىء الامر وكأنها معطيات مسبقة ، وكأنها رغبة في اللانهائي وفي الحركة ، دونما علاقة ، حتى حينه، بالتجربة الخارجية. هذا التدمير للكرة السماوية يبدو كنوع من الهرب .

العالم نظام قوى ـ كانت الامور عند هذا الحد في مطلع القرن 17 . ولكنا نعلم بعد ذلك ان « الحركية » قد انتصرت ، وانهم سوف يهتمون بعد ذلك « بالظاهرات » . ضمن هذه البحوث التأملية المتبقية من رؤ ى الفكر سوف يدمجون واقع الاشياء .

وهنا ايضاً يحتل جيلبرت (Gilbert) مكاناً مرموقاً . لا شك انه لم يقل شيئاً عن حركة الارض حول الشمس ، ولكنه دوَّرها حول نفسها كما فعل كوبرنيك ، أما ما لم يفعله كوبرنيك (Copernic)، وفعله جيلبرت ، فهو انه بحث عن سبب « فيزيائي » لهذا الدوران . فقد كان يرى ان الارض مغناطيس ـ وهذا هو الخطأ الوحيد الذي أخذه عليه غاليليه ـ وان مغناطيسيتها الذاتية هي التي تدورها. واكثر من ذلك ، انها مزودة بقطبين مغناطيسيين ، ولذا فهي تشكل حقيقة فيزيائية داخل نظام للقوى ، وهذا يعتبر تقدماً ضخماً بالنسبة الى « علم الحركية » (Cinématique) عند كوبرنيك (Copernic) .

ان كبلر (Kepler) ـ المؤسس الحقيقي لنظرية محورية الشمس العلمية ـ قد رأى هو ايضاً في الشمس وفي الكواكب مغناطيسيات . ولكنه تجاوز بكثير الهامات جيلبرت ، لقد بنى اخيراً « **نظاماً** شمسياً » ذا قوىً محركة ، جذابة ومغناطيسية ، ووصف حركات صحيحة . ولكي يصل الى هذا ، توجب له ـ تحت طائلة اية تحديات واي جهد ـ ان يقطع علاقاته اخيراً مع السحر القديم سحر الحركة الدائرية . وهذا لم يكن فقط نجاحاً في الحساب ، بل انهيار معتقد معمر أزلي. واكثر من ذلك اذا كان فضاؤه ظل متناهياً ومحدوداً بكرة الثوابت الا انه لم يعد فضاءً نوعياً : لم يعد هناك من «أمكنة طبيعية»، كل « الامكنة » متساوية . وحول هذه النقطة ايضاً ، كان تقدم التقنية يقتضي رؤ ية جديدة للاشياء

كون قابل للفساد؛ كون غير محدود ـ في سنة 1609، ترك كبلر Keplerالنجوم (الثوابت) خارج المعطيات السارية على بقية الاجرام السماوية . ولكن بعد 1610 مكن المنظار الفلكي (المرصد) من رؤية بقع في الشمس ومن رؤية جبال في القمر . ان « سامبليسيو » المذكور في « ديالوغو » غاليليه، لم يكن يقبل بهذه الاشياء الجديدة المفضحة التي تحرم الكواكب من طبيعتها الازلية ، كما توحي ، بصورة اقوى ، بفكرة ان الارض هي كوكب كبقية الكواكب الاخرى. ولكن اعتراضاته لم تكن تستطيع ايقاف المجددين ، لا لانها لم تكن بدون قيمة فقط ، بل ايضاً لان الاحداث الجديدة تخدم بشكل مناسب تماماً هذه الارادة المصممة الراغبة في « حدثنة »ومظهرة العالم الكواكبي ، اي جعله عالماً حدثانياً .

ان علم فلك غاليلي لم يسجل تقدماً بالنسبة الى عالم كبلر (Kepler) ، الا انه عمم واشاع محورية الشمس ، ومحاكمته اذاعت شهرته . واذا كان قد اخطأ بعدم تتبع كبلر (Kepler) بدقة ، حول مسألة المدار الاهليلجي للكواكب (لفرط ما كان المعتقد القديم بصوابية الحركة الدائرة راسخاً ، حتى على عقل كعقله) الا أنه بالمقابل أعطى حيزاً للكون. (Il donne du champ à l'Univers). لقد رفض ـ وهو يستعيد تقريباً، عبارة نقولا دي كوي (Nicolas de Cues) ، لأنها أقل تعريضاً من عبارة برونو (Bruno) ـ ان يقرر ما إذا كان العالم متناهياً أو غير متناهٍ ، إلا أنه أوحى ولمح بأن فكرة العالم المتناهي ليس لها أي أساس إلا اعتقادنا العفوي بمحورية الانسان . هذا الحل لعالم « غير محدد » تمسك به أيضاً ديكارت . هل هي صيغة « حذرة » بعد المأساة التي حلت ببرونو ؟ (Bruno) ليس ذلك أكيداً . ومهما يكن من أمر ، الشيء الجوهري قد حصل : ان كرة الثوابت قد ذابت في الكون المتغير الجديد

توحيد الفيزياء السماوية والفيزياء الارضية ـ ان ديناميك غاليليه هو الذي بقي ، مع شجاعته الكبرى امام المحنة ، عنوان عظمته ومجده . فقد نزع كل احتمال عن « محورية الارض » ، وبدأ يرد على برهان تيكو براهي (Tycho Brahé) الذي لم يكن يريد ان تكون الارض كوكباً من الكواكب . ومع ذلك كان لا بد من انتظار هوك (Hooke) ونيوتن حتى تلتحم حقاً ، ضمن علم واحد ، فيزياء السماء وفيزياء الارض . ويمكن القول اذاً ان هذا التقدم المحسوس كان يقتضي الجهد الثابت لقرن كامل . وبالنسبة الى غاليلي أيضاً ، لم تكن الارض المتحركة لتخلق في الجسم الساقط سقوطاً حراً قوة تماس مستقيمة ـ وقد تجرأ بورلي (Borelli) فادخل لاول مرة في التاريخ « القوى النزاعة عن المركز في الميكانيك السماوي » ولكنه ، عندما اقتضى الامر دراسة أثر مثل هذه القوة في سقوط الاجسام على الارض ، تراجع ، وعاد الى الجواب ـ غير الكافي ـ الذي واجه به غاليليه تيكوبراهي . حتى بالنسبة الى انصار المدرسة الجديدة ، لم يكن من السهل عليهم ان يروا ببساطة ان الارض هي كوكب ! واخيراً مع نيوتن : أن نفس القوى هي التي تعمل حقاً على كرتنا وفي السماوات . من كواكب « غير وازنة بطبيعتها » الى كواكب « ذات وزن » عند نيوتن ، هذا هو الطريق الذي تم اجتيازه، وكم من حاجز سيكولوجي كان يجب التغلب عليه .

السقوط او الجذب ـ من جيلبرت Gilbert الى نيوتن مروراً بكبلر ، فرضت فكرة « الجذب » (التي ظنت ، في بادىء الامر ، وكأنها قوة مغناطيسية) نفسها في مواجهة الفكرة القديمة ، فكرة الاجسام التي تقع « مدفوعة » برغبتها في العودة الى مكانها الطبيعي . وظل ديكارت متنحياً ، مثل مالبرنش (Malebranche)، مرعوباً بهذه « القوة الجاذبة » التي كان يراها قدرة خفية . فبالنسبة اليه ، كما بالنسبة الى الارسطيين ، تكون الاجسام مدفوعة، انما هذه المرة ، بعواطف ميكانيكية .

هذا النزاع لم يكن الا مظهراً من مظاهر الصراع بين الميكانيسم والديناميسم والذي سوف نعود اليه

العالم له تاريخ ـ بالمقابل عمل ديكارت (Descartes) اكثر من أيٍ كان ليثبت ان الارض والكواكب ذات طبيعة واحدة ، والبقع في الشمس اوحت له ان هذه الكواكب، وبالتالي كل النجوم ، لها تاريخ ، وانّ الارض هي « نجم » بارد وان السماوات ، كما رأى برونو ، هي تراكم كواكب متساوية وانها كلها تتبع نفس القوانين . واستغل الاب كرشر (P. Kircher) هذه الفكرة . اما كتابه « موندوس سوبترانوس » (Mundus subterraneus) المضطرب انما الثمين (1664 - 1665) فيمكن ان يعتبر كأول كتاب في الجيولوجيا الحديثة .

ولكن حتى يتولد هذا العلم ، كم من العقبات يجب التغلب عليها! لفهم الفائدة الممكنة من النظر في باطن الارض ، يتوجب اولاً ـ كما قاله ديكارت وكرشر (Descartes et Kircher) بالكلام الصريح ـ تبديد احراجات العلماء القدامى الذين كانوا يرون ان الظاهرات الباطنة تتفسر بالظاهرات العليا (بالاحوال الجوية التي هي فوق سطح الارض) . فضلاً عن ذلك ، يجب ان لا ننسى ان الارض كانت يومئذ « عنصراً » اي انها مبدأ بسيط لا يتطلب لا ملاحظة او مراقبة ولا تحليلاً . وكان على غاليلي ان يكرس صفحات طويلة في « ديالوغو » (Dialogo) ليقنع سمبليسيو (Simplicio) بانها ليست عنصراً ، ولا هي بالتالي تشكيلاً بسيطاً ، بل تجميعاً من الاجسام المعقدة جداً ، وهنا ايضاً ولكي تستطيع العيون الرؤ ية ، يتوجب على الادمغة ان تتغير ، وقد عرف ستينون (Sténon) وقال كم هو مدين ، ان لم يكن لعلم ديكارت (Descartes)، فعلى الاقل بالنسبة الى العقلية الديكارتية . وكان من الواجب أن تفرض هذه العقلية الجديدة نفسها حتى يتسنى أخيراً إيفاء عمل برنار باليسي (Bernard Palissy) حقه بعدما كان محتقراً لفترة طويلة

وللانتقال من الكون الازلي الى الكون العرضي ، كان لا بد من حدوث ملاحظات تقنية لا تحصى ، كما كان لا بدَّ من إجراء حسابات مستعادة بصورة مستمرة .هذا التجديد للعالم كان ، نوعاً ما الوجه الآخر لتجديد مماثل حدث في العقلية العلمية .

V ـ ما وراء الادراك

كانت الفيزياء النوعية تعتبر الواقع ما يدرك مباشرة . وبحسب تعبير برنشفيك (Brunschvicg) تُحِلُّ الاوالية (Mécanisme) محل هذا الواقع المحسوس واقعاً فكرياً .

ولكن هناك بعد كبير بين الصيغة الرياضية والواقع المحدد . في بداية القرن ، ظل المبدأ الذري القديم ، الذي لم يتغير منذ ابيقور و لوكرس (Epicure et Lucrèce) ، رؤيةً فكريةً ، عاجزة عن سد الفراغ . ولم يكن رقص وثوران المادة المرهفة بأفضل أو أعلى قيمة .

ثم انه حتى موت ديكارت (Descartes)، ظل العلم الجديد يثير الدهشة والاعجاب ولكنه ايضاً يثير الفزع لفرط جرأته. فقد تَعَمَّمَ بصفاءٍ مذهلٍ ، لم ينجُ منه الا مرسين الحذر . نذكر هذه المناقشات التي لا تنتهي حول الخط المنحني الذي يجب ان يرسمه الجسم الساقط « نحو مركز الارض »، وفي الاجوبة الحاسمة خطأً والتي قال بها غاليلي ، وبالاستنتاج الديكارتي لعالم كل شيء فيه واضح واكيد كعالم ارسطو! انها جرأةمحظوظة ولا شك: إذ لو أنهم رأوا من اول وهلة كم هي معقدة، أشياء الكون إذاً لأصيبوا بالخوف ، هؤلاء المحدثون القدماء. ويبقى على كل حال انهم لم يستطيعوا الهرب من الادراكات البسيطة ، التي ليست ابداً الادراكات النوعية عند الارسطيين ، بل هي ادراكات الميكانيكيين الذين ما زالت ماكيناتهم بدائية . « من الذرة الى النجم » ومع ذلك فقد شاهدوا الكون يُبْنى وفقاً لنموذج هذه الالات البسيطة . وبعد 1650 اخذت المناهج الجديدة تكتسب مزيداً من الدقة، واخذ الفكر العلمي الجديد يزداد حذراً ونضجاً .

الملاحظات الدقيقة والحرص على الاجزاء العشرية ـ ان الرابط بين الكون المرئي والكون الفكري مدين كثيراً للرياضيين الذين حرصوا على التمسك بفكرة الحد . وقد تأمل غاليلي بهذه المسائل وهو يتتبع اعمال كافاليري (Cavalieri) حول الارقام غير القابلة للقسمة ، واعتبر ان مساحات واحجام الاجسام الجامدة مؤلفة من عدد لا ينتهي من الذرات التي ليس لها امتداد . ان بين الادراك والواقع تمتد منطقة نستطيع نحن ادراكها ، ان لم يكن بالحدس فبالحساب .

وبعد اختراع وتطبيق الحساب اللامتناهي في الصغر ، بدأ الاحصاء بهذه المنطقة الوسط التي ليست المظهر المحسوس الخالص، المشبع بالذاتية، ولا هي مجرد بناء مسبق كما هو الحال بالمذهب الذري السائد يومئذ او بعالمٍ غير مستقر .

ويعتبر عمل ليبنز (Leibniz)، مع مبدأ اللامرئيات ، دعوة الى المراقبة الدقيقة ، والى وعي تعقيدات الواقع . ان معنى هذا التعقيد قد خفي على ديكارت . وبهذا المعنى كتب ليبنز Leibniz في كتابه «انيْمادفرسيون»(Animadversiones) عن خصمه الكبير ، انه « اعتبر كأشياء ثابتة ، اموراً غير مؤكدة اطلاقاً ، فهو يضلل القارىء السهل بايجازه التحكمي » .

ومالبرنشر (Malebranche) لاحظ ايضاً أن عالم السيّد ديكارت (Descartes) « أجمل من أن يكون واقعياً ». أن ماكينة العالم هي اكثر تعقيداً بكثير من ماكيناتنا ، بل حتى من هذه الماكينة الكونية التي نتصور : « ان الطبيعة ليست على الاطلاق مجردة ؛ والأمخال والدواليب في الميكانيك ليست خطوطاً ودوائر رياضية . . . نفترض مثلاً أن الكواكب ترسم بحركاتها دوائر واهليلجات منتظمة تماماً . وهذا غير صحيح على الاطلاق ». لقد تجرأ كبلر (Kepler)، وحطم سحر الدائرة ، فرأى المدار

الاهليلجي للكواكب . وتحرر الفكر من الخرافة بفضل الجيل السابق ، فبدأ الآن يكتسب التعلق بالدقة ؛ لقد ادرك مالبرنش (Malebranche) ان هذه الاهليلجات ليست كاملة ، وفسر نيوتن لماذا لا يمكنها ان تكون كذلك فعلاً .

لقد أخذ العلم الناشيء يبين لـ « سمبليسيو » (Simplicio) ان « الأرض العنصر » لم تكن الا مفهوماً اجتماعياً محققاً . ومع الزمن تبين هذا العلم انه بذاته ، حتى في معادلاته الرياضية ، قد حمل الكثير من العناصر التي يتوجب تحليلها بدورها . وعندها بدأ عصر الملاحظات الدقيقة : تجارب مالبرنش (Malebranche) ونيوتن البصرية ، القياس الدقيق لخط الهاجرة (1671)، تغييرات في الجاذبية الارضية (1673) ، الملحوظات الجيولوجية لليبنيز (Leibniz)، الخ . واخذ العلم يسلك مساراً حديثاً حقاً .

عالم الميكروسكوب ـ قد نعجب في هذا الجو كيف ان اعمال لوينهوك (Leeuwenhoek)، وان اثارت الفضول الكثير، لم تأخذ ، عند بناء علم العصر ، النصيب الذي تستحقه . ومع ذلك من فعل اكثر منه من اجل تقريب هذا الـ « ما وراء الادراك »؟ .

لا شك أن روبر هوك (Robert Hooke)قد فتح له صفحات «التسويات»«الترانزاكسيون» (Transactions) . الا انه قدم ضد نظرية الجيل الآني العفوي الفجائي ، التي لا يحب ، وقائع مهمة ، الا ان النظرية القديمة ، المهزوزة سابقاً بفعل ريدي (Redi)، لم تتأثر . ولكن لونيهوك Leeu-wenhoek كان على طريق اكتشاف الميكروبات ، ولكن لم يقم اي احيائي بأخذ الاستنتاج . ان الاكتشاف الرئيسي للحيوينيات (Spermatozoides) لم يؤد إلا الى احياء الخصومة بين التكوين المسبق (بالكامل) والتكوين على مراحل (التكون التطوري) . واذا كان لا بروير (La Bruyère) الفرنسي قد فهم ان اعمال لوينهوك (Leeuwenhoek) وسوامردام (Swammerdam) تعطي في النهاية معنىً محدداً للابحاث التقليدية حول العثة (آكلة الثياب) فان العلماء المتفرغين ، باستثناء هوك (Hooke) وليبنيز بالتأكيد ـ وهو فيلسوف « الادراكات الصغرى » ـ قلما ادركوا المدى العام لهذا النهج .

واحد اسباب هذا الفشل النصفي يقع بدون شك على لوينهوك (Leeuwenhoek) بالذات ، الذي كان عصامياً موهوباً ولكنه قليل الاطلاع على المسائل الكبرى . وهناك سبب آخر ولا شك . وكما قال باكون (Bacon) : ان ادراك المحدد يتطلب تعلماً طويلاً . ويتطلب ايضاً الجرأة . والتجريبية التي اخذت تسود بعد موت ديكارت ، لم تعرف كيف تتجرأ . في بداية القرن طرحت الصور الجديدة التي قدمها التلسكوب مشكلة ميتافيزيكية حقة : ماذا يعني هذا الانتقال « من اللا وجود الى الوجود »، فيما خص اشياء لم تكن من قبل مرئية ؟ وقد ضايق هذا الامر غاليلي نفسه حيث تبين صعوبة التنسيق بين هذه الاشياء الجديدة التي استخرجت من العدم حقاً ، وبين موضوع الادراك المباشر الذي كان حتى ذلك الحين الكائن الموجود لوحده . المسألة لم تعد تطرح بعد سنة (1650) . على ان الانتقال من المتناهي الصغر الى المعطى المعتاد يبدو اسهل في مجال الافكار الخالصة ـ فيزيائية كانت ام ميتافيزيكية ـ

اسهل مما هـو عليه في مجال الملاحظة والرصد . سُئل لوينهوك (Leeuwenhoek) اذا كان قد شاهد الذرات ، وبناء على جوابه السلبي تركه المنظرون في مواجهة تجاربه . اذ لم يكن احد بعد قـد تصور طول الطريق الباقية ! كتب كلود دوبل (CL.Dobell) يقول : « تمتلك البشرية المعطيات الضرورية ، كما تمتلك ايضاً ـ كالمعتاد ـ الفرضيات الملائمة : ولكن مجرى التاريخ بيّن ان المعرفة وان الافكار تضل ابكر من غيرها » .

لا شك ان الفكر العلمي قد نضج بين ديكارت ومالبـرنش (Malebranche) ونيوتـن ، الذي رتب مبادىء الفيزياء على اساس المعطيات الجديدة . ولكن الجنى كان ضخماً مثل جنى الميكروسكوبيين ولذا بقي تقريباً غير مستثمر بكامله .

VI ـ ميكانيسم وديناميسم أو الآلية والحركية

كل المدرسة الجديدة ارادت ان ترى في الطبيعة آلة عجيبة . لقد طردت الارواح والقدرات من الاشياء. كما طـردت الحياة من الحي ايضاً ، كما لاحظ ذلك جورج كانغيلهم (G.Canguilhem) . واجرأ التعميمات في هذه المدرسة ، هي ، من غير مناز ع ، نظرية الحيوانـات الالات . ولكنهم بهذا كانوا يحررون الفيزياء من الصور الإحيائية ، فأسسوا علماً احيائياً اوالياً أدى خدمات جلة .

في القرن السابع عشر ، لم تتناول المناقشات هذا المنهج الكلي الجماعي الذي كان ، حسب ما يقال ،مقبولاً لدى جميع العلماء . ولكنهم ذهبوا بعناد يتناقشون من اجل معرفة ماهيـة العناصـر التي بنيت منها هذه الآلة فعلاً .

الجيومترية الديكارتية المسرفة ـ ان الميكانيسم الديكارتي ، بحكم انه ديكارتي ، ذهب بهذا الشأن مذهبـاً خاصاً جداً . فقد تصور ديكارت ، وبقدر استطاعته ، العالم وكأنـه ترتيب مجسـد اي جيومترية . من هنا مماهاته بين المادة والاتساع . وجهله بفكرة الهيولي او الكينونة ، والغمـوض الذي كان يحيط بفكرة الثقل النوعي (الى ان جاء بويـل (Boyle)) سهّـلا على ديكـارت فضلاً عن ذلـك تعريفه للجسم بابعاده فقط : « ليست الجاذبية ولا الصلابة ولا الالوان . . . هي التي تشكل طبيعـة الجسم بل اتساع مداه فقط » (المبادىء II ,4) .

ولكن هذه « الابعاد » تظل في حركة دائمة ، ولهذا توجد ظاهرات ويوجد عالم . لقد وضع الله في العـالم كمية ثـابتة من الحـركة ـ واعتقـد ليبنيز (Leibniz) أنـه اكتشـف هنا « خـطأ تـاريخيـاً عنـد ديكارت » .

هذه الحركة ، اين تكمن وكيف تنتقل ؟ .

وكردة فعل ضد الفيزياء القديمة ، وايضاً كتكوين فكري خاص ، اظهر ديكارت (Descartes) كرهاً لا يقاوم ضد كل ما يمكن ان يشكل قوة « فضيلة » كامنة في الجسم . ان الجسم ليس له بذاته الا بعده فقط . اما ثقله النوعي ، فهو الدفع الواقع عليه من المادة اللطيفة. وايضاً يمكن القول انه يتلقى

هـذه القوة ؟ لان الجسم النمـوذج ليس له أيـة مطاطيـة ؛ ان صـلابتـه هي الجمـود ؛ جمـود الجسم الجيومتري (المحكوم بقانون الارض) .

ومبدأ نسبية الحركة التي اثبتت نفسها منذ غاليلي ، انتهى عند ديكارت الى اقصى نتائجه . لا شك ان ديكارت قد استطاع ان يذهب في هذا المظهر من نظريته الى اقصى الحدود ، لكي يفسر بحذر كيف ان الارض يمكن ان تكون ساكنة داخل دورانها العنيف . ولكن في الاساس كانت هذه العقيدة مفضلة عنده : فهي تنهى « انهاك » الظاهرات ، والمثال بالنسبة اليه يكمن في اعتبار ماكينة العالم وكأنها مصور ضخم حسَن التمفصل او الترتيب .

ومماهاة المادة بالاتســاع تقتضي عدم وجـود فراغ . لان الفـراغ سوف يكـون « امتداداً بدون امتداد » . كما يقتضي عدم وجود ذرات لان الذرة هي « امتداد غير مرئي » .

ولكن وبالتأكيد ليس العالم صورة مرسومة .من هنا المادة اللطيفة،« والقوة في السكون » و« الفعل الـذي ينقل » ، ومنـه ايضاً الميكـانيك الـذي ، كما يقـول ر. دوغاس (R.Dugas) ببـراعة « حركيـة الصدمات حركية تجعل من العالم لعبة بليار ضخمة » . ان ديكارت يلمس هنـا مفهوم الهيولى عنـدما يكتب بان « كلما احتوى الجسم مادة كلما ازداد جموده الطبيعي » . واذا كان قد قرر : « ان الله هو اول سبب للحركة » فان الحركات الخاصة تبقى محكومة « بقوانين الطبيعة »، وهذا يعني العودة الى الاسباب الثانية .

ويبقى ان هذه الجيومترية الاساسية سوف تكون « الخطيئة الاصلية ـ ولكن كم هي خصبة ، ـ في الديكارتية»(آ. كواري) (A.Koyré).انها افلاطونيته الخاصة به ، صورة آله يهندس الارض ، بنى رسمة حلوة واعطى ، أحْدَاثاً للاشيـاء ، للصور حـركات تنقليـة ، حركـات تتواصـل بين رسمـة ورسمة ، ولكنها « مقيمة » أقل ما يمكن في كل من هذه الرسمات . وتجاه الواقع اضطر ديكارت الى الالتواء والانحراف ولكن هذه الرسيمة هي التي حفظها عنه معاصروه وخلفاؤه المباشرون : انما مالبرنش (Malebranche) وهو ينادي بالعرضية العفوية لم يكن يقصد أبداً البعد عن ديكارت . وليبنز (Leibniz) عندما أعطى للأشياء القوة ، وكذلك نيوتـن ، كانا يعرفان انهما يهدمان كل فلسفة ديكارت .

سكان الفضاء ـ كان لا بد ، في ظل العالم الصورة المرسومة ، العودة الى البحث عن القوة ، كما هو الحال عند القول بالحيوانات الماكينات ، اي العثور على الحياة .

والتكنيك يتقدم. وسوف يتم ايضاح ماهية هذه القوى السكونية والحركية التي تركها ديكارت في الظل . والتفكير بالاولى اي بقوى الراحة يؤدي الى استخـراج مفهوم الهيـولى ، كما يؤدي من جهـة اخرى الى دراسة منهجية الظاهرات المطاطية : ان الجسم المطلق الجمود لا وجود له عند ديكارت ؛ ان الجسم يقاوم وينقل الحركة لان له بنية ولانـه يعمل مثـل « الزنبـرك » . اما بـالنسبة الى الاخـرين ، فسرعان ما نعلم ، مبتدئين بهويجن (Huygens)، ان القـانون الـديكارتي الثـالث حول الحـركة هـو خاطىء : لان ما يُحفظ في أغلب الاحيان ليس الحركة ، بل القوة الحية ، اي في المنظور الليبنيزي ، نوع من « الفعالية » في المتحرك .

وعن طريقين مختلفين ، تم التخلي عن الجسم الجيومتري الديكارتي ، لقاء اعطاء الاشياء نوعاً من « الحميمية » أي « الذاتية » .

وهكذا لا يُرَدُّ « سكان الفضاء » بحسب الفكـرة التي كونها ليبنـز هو ايضـاً عن ديكارت ، الى « مسـألة « المضمـون المكاني» (Impletio spatii)، والى « النـاقـل المكـاني» (Mutatio spatii). ان الفيـزياء الحقـة ليست حركيـة الصدمـات بل هي « ديناميكياً » (نـظرية تفسـر الكون بلغـة القـوى وتفاعلها) .

ولكن اية فكرة سوف تتكون عن القوة ؟ لقد كـان طابـع ديكارت عميقـاً الى درجة ان العلماء الذين تلوه ـ لو توجب عليهم بحكم الضرورة ان يُحْيُوْا القوة ـ لاسقط في أيديهم جميعاً، عندما يقتضي الامر تحديد «الحقيقة» .

ليبنيز والعودة الى فكرة القوة ـ لقد كانت المخاطرة اكيدة هنا ، فقد كان العهد قريباً بالقوى او « الفضائل » نصف النفسانية التي كانت في الفيزياء القديمة . خطر لم يتجنبه ليبنـيز ، ان لم يكن في فيـزيائـه ، فعلى الاقـل في فلسفته . ان الصـورة المحركـة في كل نـظامه كـانت صـورة « الادراكات الصغرى » ، نقل فلسفي للحساب المتناهي الصغر ، والتي تلعب بالنسبة اليه دور صورة الصدمة في النظام الديكارتي . ولكن هذه الصورة ، للاسف ، لم تعد فيزيائية بل سيكولوجية .

توجد كل الدرجات بين الادراك الواعي والادراك غير الواعي ، الذي هو درجة متناهية الصغر من درجات الوعي . والقوة فيزيائية كانت ام سيكولوجية ، فهي دائماً عفوية ، وحميمية وتـوجه نحـو المستقبل ، وغائية . انها (أي القوة) تحـدث في كل مكـان « تغييرات » بالمعنى المدرسي للكلمـة ، تغييرات تربط الحركة المحلية بتحقيق نوعي وغائي . لقد قلب غاليلي وديكارتُ التعابير ، ولم يعرفا في الفيزياء الا الحركة المحلية . ان التغيير يمثل تعددية في الوحدة . وهذا التمثيل ليس شيئاً آخر غير مـا نسميه « الادراك » . ان ليبنيز قد اخذ على الديكارتيين انهم رفضوا القول بوجود « روح عاقلة ونفس » في الحيوانات ، ولكنه هو نفسه سوف يجد حتى في الاشياء ،مذ أنَّ لها وحدة ، نوعاً من الروح . انه بعثٌ للاشكال الجوهرية : « لقد وجدت اذاً ان طبيعتها تقوم على القوة ، وان عن هذا ينتج نوع مماثل للحس وللشهية ؛ وهكذا يتوجب تصور الاشكـال الجوهـرية عـلى شاكلة المفهـوم المتكون لـدينا عن الانفس » .

ان القوى المادية، كالقوى الروحية ، تتضافر من اجل تحقيق « الانسجام الاولي » مما يتيح اعادة الغائية الى العلم . وهكذا يبني ليبنيز ، حول فكرة القوة الحية ، ميتافيزيا روحانية .

واذا كانت اكتشافات الفيلسوف التقنية ، تضعه في مصاف عظماء العلماء، فان تأثيره يوشك ان يفسد صفاء الفكر الجديد العلمي . ولكن الفكر العلمي يعرف كيف يدافع عن نفسه ، وبالواقع كما يقـول ر.دوغاس: (R.Dugas) لقـد ساهم ليبنيـز « في جعل فكـرة القـوة ، في نـظر الميكـانيكيـين اليدويين ، فظيعة مخيفة » .

الدينامية عند نيوتن ـ اظهر نيوتن كثيراً من الحذر . فمن اجل اعادة القوة الى فيزياء ما بعد ديكارت اكتفى بالالتزام بالوقائع : واقعة المغناطيسية ، التي سبق لجيلبرت وغاليلي ان اثاراها ؛ واقعة الجذب والدفع الكهربائيين ، المعروفين اكثر بعد اوتو دي غيريك (Otto de Guericke)؛ قوة البعد عن المركز ؛ الجاذبية الارضية ، التي سوف تُرَدُّ اليها جاذبية الكواكب ، موحداً بهذا العمل ، الفيزياء السماوية والفيزياء الارضية . ومن المحال تكوين فيزياء بدون هذه القوى الموجودة في كل مكان . وكان نيوتن من القائلين بالذرية مثل غاليلي وهويجن (Huygens) . ان الاجسام الحقة ليست بمعزل عن بعضها البعض ؛ كما هو حال الاجسام الجيومترية عند ديكارت . ولكن « جزئياتها الصغيرة » تعمل بعضها ببعض ، « بفعل جذب الجاذبية الارضية ، وبفعل المغناطيسية، وبفعل الكهرباء » وقد يكون هناك قوى اخرى جذابة نحن لا نعرفها (اوبتيك، كيري (Query) 31) .

كانت السمة الديكارتية قوية وظلت كذلك حتى انها لم تحتج الى المزيد لكي تطلق العواصف . فقد انتفض نفسه ضد « قوة الجذب » (Vis Attractiva) واطلق ضد نيوتن مقالة « آنتيباربـاروس فيزيكوس» (Antibarbarus)، ضد « اعادة احياء الصفات المدرسية والقوى الاوهامية » . حتى هويجن (Huygens) وهو من القائلين بالدينامية ، رفض القوة الملتبسة التي قال بها ليبنيز (Leibniz)) كما رفض قوة الجذب التي بدت له « تضليلاً » . اما مالبرنش (Malebranche)، فقد أعلن ان العلماء يقعون في السخف ان هم افترضوا حركات جذب وقدرة جاذبة لكي يفسروا لماذا تتبع العربات الخيول التي تجرها .

وحتى عند نيوتن بالذات ، نشعر بضيق انسان عصره تجاه مجموعة من المصطلحات لم تتوضح بعد . على العالم ان يفترض هذه القوى فهل هي حقاً حقائق واقعية ؟ ظاهرياً هو متردد . فهو حتى مثل خصومه الديكارتيين ، لا يقبل بالعمل ، من بعيد ، بين جسم وجسم . ان الجذب والدفع لهما سبب لا يكمن في هذه الاجسام بالذات . ولكن ليس للفيزيائي ان يهتم بالامر . ولهذا فقد ذكر في المقطع من « اوبتيك » الذي اوردناه موضحاً في الحال : « انا لا اتفحص هنا ما هي اسباب هذا الجذب الممكنة . . . انني لا استعمل هنا هذه الكلمة جذب الا لاقصد على العموم قوة ما ، بها تنزع الاجسام نحو بعضها البعض ، مهما كان السبب». وفي بداية « المبادىء » (Principia) كتب يقول انه يعتبر هذه القوى « رياضياً لا فيزيائياً » . ومع ذلك ، وفي «السكوليوم جنرال » (Scholium generale)، لم يستطع التسليم بانكار كل حقيقة « فيزيائية » لهذه القوى التي بدونها لا يمكن بناء الفيزياء . « ويكفي ان تكون الجاذبية الارضية موجودة حقاً ، وانها تعمل بحسب القوانين التي عرضناها ، حتى تكفي [لتشرح] كل حركات الاجسام السماوية وحركات بحرنا » . وهكذا بدت القوى الجاذبة « حقائق » بمقدار ما انها تستخدم بالايحاء (Par induction) لتفسير الأحداث . انها ليست اسباباً بالمعنى الميتافيزيكي للكلمة . وهي ليست أيضاً مبادىء ضرورية بمعنى المبادىء الديكارتية لسنة 1644 ،وهذا ما يُقْصُدُهُ كتاب « الفرضيات غير الملموسة » (Hypothèses non fingo) .

هذه القوى ذات الطبيعة ، أو ذات السبب ، الذي يتجاوز الفيزياء ، تتضافر مع ذلك ، لتشكل

كلاً منظماً ، هو العالم . ان الدينامية كمبدأ اتاحت لليبنيز ، كما لنيوتن ، ان يعيد الغائية الى الطبيعة ، وان يعثر على الله (خالق الكل Pantocrator) في الفلسفة الطبيعية اي في ذروة الفيزياء . وقد عرضت الميكانيسمية الديكارتية كخميرة الحادية . وقد يراودنا الاعتقاد بان تردد نيوتن في اعطاء « واقع » لهذه القوة ، التي هي مع ذلك معطىً اكيد بالنسبة الى المجزب ، انما كان ببساطة من اجل السعي الى العثور ـ دون توفيق ـ على التمييز الكانتي بين الواقعية التجريبية والمثالية المتعالية . ومن الافضل ان يقال انه بالنسبة الى نيوتن ، وهو ذو روح عميقة التدين ، يبدو العلم والميتافيزيا متلازمين متضامنين

مالبرنش Malebranche ـ ولكن مالبرنش سبق ان ذهب إلى أبعد في تكوين علم مستقل . انه يعرف تماماً انه من الواجب عند ديكارت اصلاح فيزياء الصدمة ، وقوانين الحركة وانه يجب قبول دور القوة الحية . ولكنه يبقي ، بدون جدال ، ديكارتياً ، حين يرفض بأن يزج الفيزياء في ميتافيزياء القوة وفي ميتافيزياء السبب عموماً . كتب نيوتن يقول انه «يقبل بالجذب بمقدار ما يظهر في الاحداث مهما كان سببها» . ولكن هذا السبب يبقى موجوداً بالنسبة إلى العالم النيوتني ويؤدي به إلى لاهوت « تيولوجيا » « السكوليوم جنرال » (Scholium generale) . وتبدو عبارة مالبرنش (Malebranche) اكثر تجذراً حين تقول : « ان القوانين تبدو فعالة ، فهي تتصرف ، اما الاجسام فلا تتصرف » . فهي بهذا تعطي صيغة الوضعية العلمية ، وتقبل بشرعة الواقعية التجريبية . الميتافيزيكي عنده الاسباب ، والعالم عنده القوانين ، والقوانين فقط .

لا شك ، كما بيّن ذلك مايرسون (Mayerson) ان العالم ، في ظل « القانون » المالبرنشي ، يبحث دائما عن « الجسم » النيوتني ، ويبقى ان « الظرفية » [« الفرضية »] كانت في القرن السابع عشر شكلاً من الفكر العلمي الشديد الجدة والشديد « الحداثة » .

فالظرفية ، اذا طبقت على مسألة علاقات الروح بالجسد ، فهي تعطي صيغة التوازي السيكولوجي ـ الفيزيولوجي ؛ ان العلم يبدو وكأنه استخلاص (Synthèse) مجالات علمية مستقلة . كل مجال منها يتلاءم مع سلسلة من الاحداث، انما يجب ان تتضافر كلها للالتقاء لان هذه السلاسل المتنوعة في الطبيعة « لا تشكل معاً الا كلاً مجملاً » : اما في الفيزياء ، فان الصراع بين القائلين بالآلية (mécanistes) والقائلين بالدينامية او القواتية ، سوف يهدأ في القرن التالي ، حول حلول اقترحها مالبرنش .

من جيلبرت الى نيوتن ـ ان الكلام باطلاق عن الروحية العلمية وعن المناهج العلمية في القرن 17 يعني تجاهل تنوعها المدهش وتقدمها المستمر . لقد بدأ القرن بالامل الباكوني وبكتاب جيلبرت « دي ماغنيت » (De magnete) الذي سوف يشير اليه باكون (Bacon) نفسه في بحث ما زال موسوماً بفيزياء الاشكال . وقد ألحت الحاجة من أجل التفهيم إلى خلق اطار توضع فيه ملاحظات كانت يومئذ ما تزال متناثرة ونادرة . فبين « المجموعة الفيزيائية » التي ظلت تحتفظ بالصفة الارتجالية الموسوعية

من القرن 16 ، وبين المختبر ، كما هو الحال بين « دي ماغنيت » و« المبادىء » (Principia) النيوتنية لسنة 1678 يقع البناء الغاليلي و« المسبق » (Apriori) الديكارتي . وبدون كل هذا ما كان شيء ليكون . لقد حاول ديكارت عملاً عظيماً ولكنه كان كثير التفاؤل . وهنا ايضاً يبدو التطور مدهشاً بين الانكسار الضوئي (Dioptrique) سنة 1637 مع هذا النور الذي يشكل « عصا » اي خطاً هندسياً ، وفقاً للمثال « العالم صورة » وبين (Opticks) اوبتيك [= بصريات] سنة 1704 ، حيث يتقدم العالم خطوة خطوة وهو يراقب ويجرب . ولكن المراقبة والتجريب ينتظمان بعد الآن ـ واولاً في المبادىء ـ حول تعاريف ، اطرها الجامدة والواضحة تدل بان المجلوب الجديد، هذه الافلاطونية الرياضية ، المصممة في فلورنسا او في الاقامات التجوالية في هولندا ، لن ينتسى ابداً . وقد وجد مثل هذا التطور ، انما بصورة اكثر سرية ، في مجال علم الاحياء (بيولوجيا)، بين موسوعة الدروفاندي (Aldrovandi) ومعالجات جون ري(John Ray) . ان العلوم المحددة ، المشجعة والموجهة بفضل تقدم الفيزياء ، اخذت تتكلم لغة وضعية ، ان الطريق قد وجدت والباقي لم يعد الا مسألة وقت ونضج .



الكتاب الأول :

العلوم الرياضية والفيزيائية

الفصل الأول :
من الجبر الرمزي إلى الحساب اللامتناهي

De l'Algèbre symbolique au calcul infinitésimal

لا يمكن درس تقدم العلوم التجريدية في القرن السابع عشر دون أن نشير الى رابطها القوي بالعلوم الطبيعية .

والعلماء اصحاب الفكر التحليلي امثال فيات (Viéte)، وفرومات (Fermat) أوديكارت قد اهتموا ، لا لاسباب مادية ، بل محبة منهم ، أما لعلم الفلك ـ وبهذا بدأ فيات (Viète) ـ أو محبة بالميكانيك أو محبة بالاوبتيكا أو علم البصريات .

ورجال من أمثال غاليله وكبلر (Kepler) قلما درسوا الرياضيات بذاتها الخالصة ، لعبوا مع ذلك في تطويرها دوراً من الدرجة الاولى . من ذلك ،ونعطي مثلاً وحيداً، ان الاكتشافات الفلكية التي اكتشفها غاليله ـ اكتشافات 1610 بفضل استعمال الناظور ـ سوف تخلق نوعاً من الولع تجاه الدراسات البصرية ـ وخاصة انكسار الضوء ـ كما سوف تحمل على قراءة وعلى تأمل (Ad Vitellio nem Paralipomena) وهو كتاب دونه كبلر (Kepler) سنة 1604 ، او كتابه انكسار الضوء (Dioptrice) في سنة 1611 . وهذا أدى الى العودة الخصبة الى دراسات قطع المخروط مما أثر بصورة عميقة في اعمال ديكارت وغيره .

واذا نحن خصصنا فصلاً بالرياضيات المحضة ، فيجب ان لا يغيب عن ذهننا ما في هذا الاسلوب من تصنع ، والتذكير دائماً ان اي وسط علمي يشكل كلاً منتظماً، يكون من الخطر تقسيمه عن طريق تحليل مختلف مظاهره .

I ـ تجديد العلوم الجبرية

علم المثلثات او التريغونومتريا ـ نحن نبدأ دراستنا بعلم المثلثات الذي له علاقات وثيقة بعلوم الطبيعة ، وبالاسترونوميا او علم الفلك وبالاوبتيكا او علم البصريات ، وازدهار علم المثلثات تم في القرن السادس عشر المنتهى ، وفي النصف الاول من القرن السابع عشر . فقد قام فرانسوا فيات (Viéte) (1540 – 1603) وهو رجل قانون وملاحق دعاوى ، بنشر قانون الرياضيات Canon

Mathematicus سنة 1579 ، وقد دامت طباعته ثماني سنوات وفيه جدول بالعلاقات التريغومترية مستكمل بقسم نظري :

F. Vietaci universalium inspectionum ad Canonum Mathematicum liber singularis .

ويدل الترتيب الموفق للقاعدات ، وفقاً لجداول واضحة جداً ، على بواكير العلامات الجبرية المستقبلية لدى مؤلفه . ومن جهة اخرى ركز فيات على فوقية القسمة العشرية بالنسبة الى القسمة الستينية .

لا شك ان بناء الجداول قد ارتبط بضرب وبقسمة الاقواس الدائرية ، حيث وجد فيات (Viéte)، في مدى حياته موضوعاً مفضلاً عنده . لا شك ان اخرين سبقوه في هذا الطريق . كما ان تلامذته كانوا متعددين ومنهم جوست برجي (Jost Burgi) (1552 – 1632) . واشهر تلامذته ربما كان ادريان فان رومن (Adriaan van Roomen) و 1561 – 1615) الذي كان استاذاً شهيراً . وفي سنة (1593) طرح فان رومن (Van Roomen) على كل الرياضيين في العالم المسألة التالية :

« اذا كان الحد الاول من سلسلة هو بالنسبة الى الحد الثاني كنسبة : (1) 1 إلى

45 (1) — 3795 (3) +95634 (5) — 1138500 (7) — 7811375 (9) + . . . + 945 (41) — 45 (43) + 1 (45)

وان الحد الثاني محدد، اوجد الاول . . » مثل : الحد المعطى هو :

R. bin. 2 + R. bin.2 + R. bin. 2 + R. 2.

والحل R. bin. 2 − R. bin.2 − R. bin2 + R. bin 2 + R. bin.2 + R.3. »

وبالترقيم العصري - استعمل فان رومن (Van Roomen) هنا ترقيمات ستيفن (Stevin) - المهم حل المعادلة : $x^{45} - 45\ x^{43} + 945\ x^{41} - \ldots + 45\ x = a$

هنا $x = \sqrt{2 - \sqrt{2 - \sqrt{2 + \sqrt{2 + \sqrt{2 + \sqrt{3}}}}}}$ و $a = \sqrt{2 + \sqrt{2 + \sqrt{2 + \sqrt{2}}}}$

وقد وجد فيات (Viète) الحل العام [عندما تكون a≤2]: (Ut legi, utsolvi) والمعادلة المقترحة بشكل نسبة من قبل خصمه تترجم المسألة كما يلي : في دائرة شعاعها 1 ، اذا كان مستقيم القوس معيناً ، اعثر على المستقيم الواقع تحت جزئه الـ 45 .

وكان للجواب الصاعق « لامير الهواة » في عالم العلماء دوي ضخم .

والحالة التي يكون فيها الثابت a اعلى من 2 ، حلها فرمات (Fermat) في رسالة ارسلها الى كريستيان هويجن (Christiaan Huygens)، بالمقارنة مع حالة المعادلة من الدرجة الثالثة . فقد بين

فيات (Viète) بهذاالشأن ، وتبعه في ذلك البير جيرار (Albert Girard)، ان كل معادلة في الدرجة الثالثة ترد الى القطع الثلاثي للزاوية ، والى دمج متوسطين هندسيين . وهنا ، بالنسبة الى الدرجة 45 ، نعود ، عندما تكون : $a > 2$ الى ادخال 44 متوسّطاً .

ومن المعلوم ان فيات (Viète)، وهو يجيب على فان رومن (Van Roomen)،اقترح عليه بناء دائرة تماسية مع ثلاثة دوائر معينة . وقد عمم حل فيات (Viéte)، فيما بعد، من قبل فرمات ليشمل تماس الكرات ، ومن قبل باسكال (Pascal) بحيث شمل مماسات المخروطات .

أما حل رومن (Roomen) ، وقد أخذ عليه فيات (Viéte) انه لم يكن «مسطحاً»، فقد رد ، من قبل نيوتن الى بناءات بواسطة المسطرة والبيكار .

وهناك مشكلة اخرى يمكن ان ترتبط بحساب الجداول التريغونومترية والتي اثارت حماس الاوساط العلمية في ذلك العصر ، الا وهي مسألة حساب الـ«بي» π أو تربيع الدائرة . واندفع عدة مربعون طوباويون في هذه المغامرة دون أن يكونوا على علم كافٍ بالنظريات . ويمكن أن نذكر من بينهم : جوزيف سكاليجر (Joseph scaliger) (1540 – 1609) الذي اسكته رومن (Roomen) وفيات (Viète) وأجبراه على الالتزام بالتواضع والانضباط . وكذلك سيمون دو شسن (Simon du chesne)، وفان در ايك (Van der Eycke)، وهو مهندس من مدينة دول . وقد وقع هو ايضاً في الاخطاء الفادحة التي اكتشفها ادريان انطونيز (Adriaan Anthonisz) (1543 ؟ 1620) ـ والد ادريان ماتيوس (Adriaan Metius) (1571 – 1635) ـ ولودلف فان سولن (1540– 1610) (Ludolph van ceulen)

لقد حسب فيات π الى 10 أرقام عشرية صحيحة . وبدأ لودولف (Ludolph)حساباته سنة 1586 ،متبعاً طريقة ارخميدس (Archimede) بعد تكيفها مع الترقيم العشري . وقد اتاحت النتائج الاولى التي حصل عليها ، لادريان انطونيز Adriaan Anthonisz ان يثبت ان π تقع بين 15/106 3 و 17/120 3 وان يستنتج من ذلك التقريب الممتاز المسمى تقريب ماتيوس Metius : 355/113 .

وفي سنة 1593 قدم فان رومن Van Roomen 15 عدداً عشرياً صحيحاً. وفي سنة 1596 قدم لودولف Ludolph 20 عدداً. وبعدها قامت أرملته بنشر تقريبه، في سنة 1615 حيث بلغ 32 عدداً عشرياً كلها صحيحة .

وفي سنة 1593 ترجم فيات Viète أساليب التقريب القديمة بأول ألغوريتم لانهائي معروف : فقد مثلت علاقة المربع بالدائرة المحيطة به $(2/\pi)$ بالحاصل اللامحدود التالية :

$\sqrt{\frac{1}{2}}\cdot\sqrt{\frac{1}{2}+\frac{1}{2}\sqrt{\frac{1}{2}}}\cdots$ ، حيث كل عامل f_n مستخرج من السابق بالمتكرر : $f_n =$

$$f_n = \sqrt{\frac{1}{2}+\frac{1}{2}f_{n-1}}$$

ان تقنية ارخميدس المملة قد حسنت بملاحظات بارعة قام بها فيات (Viete) وسنيل (Snell) ،

وكان لهذه الملاحظات نتيجة في كتاب هويجن (Huygens) الصغير : -de circuli magnitu dine inventa (1654). هذا الكتاب يسكر حقبة ارخميدس حول تربيع الدائرة ويفتح الحقبة الحديثة بالمعادلة غير المحدودة التي قال بها فيات(Viète) .

وفي مجال التريغونومتريا الكروية وضع فيات (Viète) الصيغ المسماة : « مشابهات نيبر » (Néper) واستعمل المثلث القطبي . وقد حسن ويل برور سنيل (Willebrord Snell)، اوسنيليوس (Snellius) (1581– 1626)، الذي قاسم ديكارت اكتشاف قانون انكسار الضوء ، حسن استعمال المثلث القطبي .

ومن جهة اخرى حمل التراث البصري عند ويتلو (Witelo)، حمل هاريوت (Harriot) وبريكز (Briggs) والبير جيرار (Albert Girard) وكفالياري (Cavalieri) على دراسة مساحة المثلث الكروي، التي كان ويتلو (Witelo) قداشار اليها كمقياس للزاوية المجسمة . واذا كان الجميع ـ وقد سبقهم شارح مجهول للعالم في البصريات ، من القرن الثالث عشر ، ربما كان ريجيو مونتانوس Regiomontanus (ـ قد عرفوا نسبة المساحة ، الى التجاوز الكروي او تجاوز مجموع الزوايا ، لزاوتيين قائمتين، فإن كافاليري (Cavalieri) هو الذي قدم تبياناً شبه كامل تقريباً .

الجبر الحروفي ـ حاول فيات وهو الضليع في جيومترية الاقدمين وكذلك في جبر القرن 16 ، ان يعثر على اسلوب البحث والتحليل عند الجيومتريين الاقدمين ، واعاد تكوين كتاب التماس لأبولونيس (Apollonius) فيكتاب ابولونيوس غالوس (ApollonuisGallus)(1600) . وبذات العقلية اصدر سنيل (Snell) سنة 1608 آبولونيوس باتافوس (Apollonius Batavus) حول مقطع السطح والمقطع المحدد . ونشر م. غيتالدي دي راغوس (M.Ghetaldi du Raguse)، تلميذ فيات (Viéte)، الضليع في تحليل الاقدمين ، من بين كتب اخرى ، سنة 1607 ، كتاب آبولونيوس ردیفیفوس (Apollonius redivivus) تأليه (Divination)لكتاب الانحرافات .

وعمل الاكتشاف الحديث لاعمال ديوفانت (Diophante)في الجبر، عمل الحافز بالنسبة الى أفكار فيات (Viète)، فقد اثبت هذا الاخير التشابه الاساسي بين مجال الجبر العددي عند ديوفانت (Diophante) وكاردان (Cardan) تارتغليا (Tartaglia)، وبومبلي (Bombelli)، وستيفل (Stifel)، وبين مجال التحليل الجيومتري ، الذي يبقى ضمنياً داخل الشروحات المستخلصة من اقليدس ، وارخميدس، وبصورة خاصة ، من ابولونيوس (Apollonius) ، ومنها كتابات بابوس (Pappus) التي عثر عليها في هذه الاثناء (ط 1 1588) وكلها تعطي فكرة اكثر وضوحاً .

ولترجمة هذا التشابه ، اخترع « منطقه الرمزي المموه » أو فن الحساب على اساس الرموز او الانواع ، التي تمثل الابعاد سواء الجيومترية ام الحسابية .

وقد قسم التحليل الى ثلاثة اقسام اساسية . وكان « منهج التحليل الاستكشافي » [زتيتيك] أو فن البحث عن المسائل يقوم على اعتماد رمزية تتيح ، بآن واحد ، تسجيل الابعاد المجهولة والابعاد

المعلومة ، وشرح الروابط التي تجمعها ، ثم استخلاص المعادلة التي ، بشكل تجريدي ، تلخص المسألة المطروحة ، وبدا عندها التحليل الواعي (Poristique) الذي يدرس ، ويحول ويناقش هذه المعادلة . وقد حلَّ اخيراً ، التأويل - أو التحليل التفسيري (Réthique) ، بعد العودة الى المسألة المحددة، المعادلة ، اما بواسطة بناءات اذا كان الامر يتعلق بجيومترية ، او بحسابات عددية اذا كان الامر يتعلق بالحساب .

ونتعرف في هذه المبادىء على المناهج الخاصة بالرياضيات الحديثة التي أسسها فيات (Viète) ، بعد جهد ، ربما كان شاقاً ومغلقاً ، بالنسبة الى غالبية معاصريه ، الا انه جهد سوف يولد تياراً في النصف الاول من القرن 17.

وقد دون كل المقادير التي تدخل في اية مسألة بواسطة احرف تاجية لاتينية ، اما احرف المد فتدل على المجهولات والصوتية تدل على المعطيات . وكان حجم كل مقدار مبيناً بصورة منهجية .

مثلاً ان المعادلة التي نكتبها بهذا الشكل : $x^3 - 3bx^2 + (3b^2 + d)x = c + db + b^3$

كتبها فيات كما يلي :

$$\left.\begin{array}{l} \text{E cubus} \\ -\text{B in E quadr. ter.} \\ +\text{B quadrato ter} \\ +\text{D plano} \end{array}\right\} \text{in E} \; \text{aequabitur} \; \left\{\begin{array}{l} \text{Z solido} \\ +\text{D plano in B} \\ +\text{B Cubo} \end{array}\right.$$

من بين كتاباته ، التي اثرت تأثيراً كبيراً هناك : كتاب Zeteticorum libri quinque (1593 ، ترجمة فرنسية 1630) ، حيث استعيدت مسائل ديوفانت (Diophante)في تدوينات المنطق الرياضي الرمزي التمويهي ، وكتاب De Numerosa potestatum purarum atque) adfectarum...1600) . وفيه ظهرت أول طريقة منهجية لحل المعادلات عددياً . وكتاب : De ac.) quationum Recognitione. 1615) وهو كتاب اساسي بالنسبة الى نظرية المعادلات الجبرية ، **وأخيراً كتاب : In Artem Analyticam... (1591 ومنه ترجمتان فرنسيتان سنة 1630) ، كتاب صغير حيث مجمل تحليل فيات (Viète) محدود ومعروض .**

وعندما اخرج فان شوتن Van schooten ، سنة 1646 ، الطبعة الوحيدة الكاملة تقريباً ، لمؤلفاته ، كان تأثير الرياضي الكبير قد اعطى منذ زمن طويل ، جوهر ثماره ، ولم تعد له الا فائدة تاريخية فقط .

ويقاس هذا التأثير بصورة افضل عند مقارنة النتائج الحاصلة حول ذات المواضيع . من قبل تلامذة فيات (Viète) : فرمات (Fermat)وروبرفال (Roberval) ومن قبل كافاليري (Cavalieri) وتوريشلي (Torricelli) اللذين لم يألفا مناهج فيات . وبفضل ذات المهارة الجيومترية وذات المعارف

العامة ، سبق هذان الاخيران الى حد بعيد غالباً من قبل الفرنسيين او حتى من قبل بوغران (Beaugrand)، وهو تلميذ آخر لفيات (Viète) .

نظرية المعادلات الجبرية - ان اعمال الجبريين ، من القرن السادس عشر - وخاصة اعمال المدرسة الايطالية - المطلعين بشكل فريد على تقنية فيات (Viète) ، هذه الأعمال الملخصة والمكثفة في كتاباته ، وبخاصة في كتاباته المنشورة بعد موته ، والتي نشرها اندرسون (Anderson) في باريس سنة 1615 ، قد اتاحت في القرن 17 ازدهار نظرية في المعادلات الجبرية ذات اهمية حاسمة .

من الصعب هنا توضيح ما قدمه كل منهم . في سنة 1608 اكد بيتر روث (Peter Rothe) على وجود (n) جذور في كل معادلة درجتها (n) . وبسط هاريوت (Harriot) (1560 – 1621) في كتابه الذي نشر بعد موته سنة 1631 ، ترقيم فيات (Viète). بعد تخفيفه من اعتبارات التناسق ، وبعد استبدال الحروف التاجية اللاتينية بأحرف صغيرة . وهكذا ابرز العلاقات بين المعاملات وبين الجذور .

وفي سنة 1629 ، جعل البير جيرار (Albert Girard) (1595 – 1632) من هذه العلاقات اساس النظرية . ولاعطاء هذه العلاقات كل عموميتها ، قبل الحلول السلبية ، وحتى الحلول الخيالية ، في معنىً اكثر غموضاً ولكنه اكثر اتساعاً من المعنى الذي التزم به بومبيلي (Bombelli) سنة 1572 . فوضع نفس المبدأ الذي وضعه الاب روث (P.Rothe).

وعندما نشر ديكارت سنة 1637 كتابه « جيومتريا » كملحق لـ« خطاب حول النهج »، عرض في الكتاب الثالث نظرية المعادلات الجبرية ، كما يفهمها . الا ان افكاره ، المشابهة جداً لافكار هاريوت (Harriot) أو افكار جيرار (Girard) بدت مستقلة عنها ، اما كتابه فيلخص اعمالاً مستقلة شخصية ، تعود احياناً الى سنة 1620 .

وهكذا تحدد الترقيم . وهو الترقيم الذي نتبعه نحن : حروف صغيرة ، والاحرف الاخيرة من الالفباء مخصصة للمجهولات ، ترقيم استثنائي مأخوذ عن ستيفن (Stevin) وبومبلي (Bombelli) وشوكيه (Chuquet)، انما مدموجة مع الترقيم الحروفي : $x^3, a^3 b$ ؛ ثم اعتماد اشارة تساوي : ∝ ، الخ .

أما المبادىء الاساسية فمعروضة كما يلي :

1- « . . . في كل معادلة ، وبمقدار ما تكون الكمية المجهولة ذات ابعاد ؛ بمقدار ما يمكن ان يكون فيها جذور متنوعة. . . اذ، مثلاً ، اذا افترضنا $x = 2$ أو $(x - 2)$ لا يساوي شيئاً ، وبعد ذلك $(x - 3 = 0...)$ ، وبضرب هاتين المعادلتين : $(x - 2 = 0)$ و$(x - 3 = 0)$، الواحدة بالاخرى نحصل على :

$(x^2 - 5x + 6 = 0)$ أو على $(x^2 = 5x - 6..)$.

ولكن في أغلب الاحيان ، يحدث ان بعضاً من هذه الجذور يكون خاطئاً أو أقل من لا شيء ؛ كما لو افترضنا ان x يدل ايضاً على عدم وجود كمية مثل 5 مثلاً ، فيكون : $(x + 5 = 0)$.

2- « . . . نرى بالتأكيد من هذا أن مجموع معادلة تتضمن عدةجذور، يمكن أن يقسم على ذي حدّين Biñome مؤلف من الكمية المجهولة ناقص قيمة واحد من الجذور الحقة ، الذي قد يساوي أو يزيد عن قيمة جذر من الجذور الغلط أو الخاطئة ؛ وبهذه الوسيلة يتم انقاص احجام هذا المجموع . . . » .

3- « ونعرف من هذا ايضاً ، كم يمكن أن يوجد من جذور حقة ومن جذور خاطئة في كل معادلة : فالحقة تكون بمقدار ما هناك من علامات + و — في المعادلة تتغير كل مرة ، اما الجذور الخاطئة فتعادل المرات التي تتابع فيها علامتان + مع علامتين ناقص » .

4- « . . . من السهل ان نجعل ، في نفس المعادلة ، كل الجذور التي كانت خاطئة تتحول الى صحيحة ، وبذات الاسلوب كيف تتحول الصحيحة الى خاطئة ، وذلك بتغيير كل الاشارات + أو — الموجودة في الموقع الثاني او الرابع أو السادس او غيرها من المواقع التي تعرف بالعدد المزدوج . . .
وانه وبدون ان نعرف قيمة جذور معادلة ما، اذا اردنا زيادة هذه المعادلة او انقاصها بأية كمية معروفة ، يكفي فيها افتراض حد آخر مجهول، اكبر او أصغر من هذه الكمية ثم احلال هذا الحد الجديد محل الاول وفي كل موضع » .

5- « ولكن ، ومن خلال هذا الاسلوب في تغيير الجذور دون معرفتها تمكن معرفة شيئين يكون لهما فيما بعد بعض المنفعة . الشيء الاول انه بالامكان طرح الحد الثاني من المعادلة المدروسة »

6- « . . . والشي الثاني . . . هو بالامكان دائماً ، عن طريق زيادة قيمة الجذور الحقة لكمية هي اكبر من اية كمية لاي جذر من الجذور الخاطئة ، جعلها لتصبح كلها صحيحة ، بحيث لا يكون هناك على الاطلاق علامتا + أو علامتا — متلاحقتان ، وعدا عن ذلك ان تكون الكمية المعروفة في الحد الثالث اكبر من مربع نصف كمية الثاني . . . » .

7- « فضلاً عن ذلك ، من الممكن ، بدون معرفة قيمة الجذور الحقة في المعادلة ، ضربها أو قسمتها كلها بـ أو على مطلق كمية معروفة . . . الامر الذي يساعد على تحويل الكسور ، أو غالب ايضاً ، الاعداد الصماء الموجودة في بنود المعادلات الى اعداد كاملة وجذرية .

8- « ثم ، طالما ان الجذور الحقة وكذلك الجذور الكاذبة ليست دائماً واقعية ، بل خيالية في بعض الأحيان ، فإنه بالإمكان دائماً تخيل ما نشاء منها في كل معادلة ، على أن لا تكون هناك ، احياناً ، اية كمية تتوافق مع الكميات التي نتخيل ؛ كما يمكن ايضا ان نتخيل ثلاثة منها في هذه المعادلة :$(x^3 - 6x^2 + 13x - 10 = 0)$. وعلى كل لا يوجد فيها الا واحدة واقعية هي (2)، اما الاثنتان الباقيتان ، فمهما زدناهما أو نقصناهما او ضربناهما وفقا للاسلوب الذي فسرناه ، فليس بالامكان تحويلهما عن أن تبقيا خياليتين » .

9- يشير ديكارت اخيراً كيف يمكن العثور على الجذور القياسية(Racines rationnelles)في معادلة ذات معاملات قياسية .

تعنى تتمة الكتاب الثالث ببناء الجذور عن طريق تقاطع خطين منحنيين ، كما تعنى بقاعدة ديكارت من اجل حل معادلة من الدرجة الرابعة ، وذلك بعد مساواة طرفها الاول بحاصل ضرب ثلاثيْ الحدود (Trinomes) من الدرجة الثانية .

في هذه الخلاصة المدهشة عن حالة نظرية المعادلات في سنة 1637 ، خلاصة حيث لا يوجد اي دليل واضح ، ولكنها مزودة بالعديد من الامثلة ، التي ، والحق يقال ليست عطاء اصيلاً من المؤلف . النقطة التي رقمناها 1 موجودة في البيرجيرار (Albert Girard)، و2 معروفة عن كاردان (Cardan) وعن كل الجبريين اللاحقين و4 و5 و6 و7 قد وسعها فيات (Viète)، و9 واردة عند جاك بلتيه (Jac-ques Peletier)، وحدها « قاعدة ديكارت » 3، قد سبق اليها بصورة غامضة كاردان (Cardan) وهي ابتكار شخصي من الفيلسوف . ولكن الثامن حيث دخلت جذور وهمية ، وهي فكرة أوحى بها جيرار يدلنا كم كانت غامضة افكار ذلك العصر حول النقاط المهمة .

ان المبادىء التي عرضها ديكارت سوف يتم شرحها فيما بعد ، خاصة من قبل تلامذته الهولنديين من مدرسة شوتن (Schooten) : ومن قبل نيوتن (Newton) الذي وضع القوانين المتواترة التي تعطي مجاميع مثقلات (Pussances) الجذور ، والتي سبق ذكرها بالنسبة الى المثقلات الاربع الاولى ، عند البير جيرار (Albert Girard) .

أما فيما خص الحل الفعلي للمعادلات ، فقد رأينا ان فيات ، ضمَّنها داخل التحليل التفسيري المقسوم هو ايضاً الى عددي وجيومتري . وديكارت ، كمنظر خالص ، وهاوٍ للمطلق ، لم يهتم بالقسم الاول من هذا التحليل . وقدم فيات سنة 1600 اسلوب حل عددي مقارب . وقد استكمل هذا الأسلوب من قبل تلميذيه الانكليزيين هاريوت وأوترد (Harriot et Oughtred) (1574-1660) ثم ساعد على ولادة أسلوب التقريب عند نيوتن ، أسلوب ما يزال يستخدم حتى أيامنا .

انشاء الجيومتريا التحليلية ـ لاقى تطبيق تحليل فيات على الجيومتريا نجاحاً باهراً في خلق الجيومتريا التحليلية (والتعبير يعود بتاريخه الى بداية القرن التاسع عشر) من قبل ديكارت وفرمات ، حوالى نفس الحقبة ، وبصورة مستقلة ، بين الاثنين .

واستعمل الرياضيان ، بالمناسبة ، المنطق الرمزي المموه لتحليل المراكز الجيومترية (نقاط التلاقي) وبخاصة في المخروطات ، كما بدا (هذا المنطق) عند ابولونيس (Apollonius)، وبابوس (Pappus) . ومع ذلك يوجد بينهم فروقات ملحوظة ، في ترجمة التقنيات القديمة الى لغة جديدة . ويبدو فرمات هنا ، كما في كل اعماله ، أميناً لترقيمات ولتعابير فيات . اما ديكارت فقد كوَّن لنفسه لغته وترقيماته ، بمعزل عن التراث المباشر للجبري العظيم . واذا كان قد تأثر به في هذا المجال ،

فبشكل مبهم ، وبفضل الوسط العلمي العام . وقد ظل اقرب الى الجبر العددي مستعملاً تعابيره ذاهباً بالمحاكاة بين المجالين الى حد التماهي اللغوي .

ولد فرمات في « بومـون دي لومانيْ » (Beaumont– de –lomagne) سنة 1601، وعمـل محامياً ، ثم بعد 1631 قاضياً في تولوز ومات في كاستر في 12 كانون الثاني 1665 . وكان هانئاً في حياته التي ربما بقيت مغمورة لولا عبقريته الرياضية : وككل سابقيه المباشرين ، تتلمذ على الاسكندرانيـين العظام وحاول من جانبه ان يعيد تكوين الامكنـة المسطحـة (Lieux plans) التي وضعها ابـولونيس (Appollonius).

واعاد هذا التكوين ، حوالي 1629، وعمره 28 سنة ، وفقـاً لطراز قـديم خالص . ولكنـه في قطعته، القصيرة جداً مثل كل محاولاته، وهي (Ad locos planos et solidos isagoge)، والتي يعود تاريخها الى سنة 1636، بأقصى حد ، اعتمد طرازاً حديثاً هو ، مع ترقيمات فيات ، الطراز المعتمد في الهندسة التحليلية الحديثة ، والتي صاغها بنفسه .

« لو كان هذا الاكتشاف قد سبق اعادة التكوين القديمة التي اعتمدنـاها في الكتـابين « المـراكز المسطحة » فان بناء القواعد المكانية المركزية كان بدا اكثر اناقة . الا اننا لا نأسف لهذا الانتاج ، وان بدا سابقاً لاوانه وغير ناضج بصورة كافية ، اذ هناك مصلحة للعلم بأن لا يأخذ من الخلف الاعمال التي ما تزال غـير ناضجـة فكريـاً ؛ ان العمل البسيط في بـدايته والفـج يتقوى ويكبـر بالاختـراعات الجديدة . بل ومن المهم من اجل الدراسة ، ان نقدر على التأمل براحة ، في التقدم الفكري الخفي ، وفي تطور الفن بصورة عفوية » .

أما تلميذه ديكارت فقد لجأ الى وسائله الخاصة بفعل سلسلة من الاغراءات الخارجية وبفضـل جهد شخصي زاخم وتأملي . من جهة حمله ميله المبكر (1619) الى الميكانيكيـات على ابتكار بعضها، « بركاراته » التي اتاحت له رسم المنحنيات (التي سماها فيها بعد جيومتريات) . ومنذ تلك الحقبة ، كان يحلم ان يمد الى مناطق اوسع مجال الجيومتـرية ، المقصـور حتى ذلك الحـين ، عند فيـات ، على البناءات فقط بواسطة المسطرة والبركار (ان المسائل التجسيمية تحتم بناءات « شبه هندسية ») . ومن جهة اخرى ، حمله ولعه بالبصريات (اوبتيكا) على الاعتناء بدراسة مقاطع المخروطات ، واتاح له ، حوالي (1625) ان يكتشف قوانين دقيقة حول انكسار الضوء . في هذا المجال بدا تأثير كبلر (Kepler) حاسماً . ولكن الى جانب ذلك ، حمله درس بابوس (Pappus)، اما المباشر ، واما عبر كتب كلافيوس (Clavius)، الى البحث عن حل جيومتري للمعادلات ذات الدرجات الاعلى من الدرجة الثانية . اننا هنا ضمن مجال عزيز على قلب فيات ، هو مجال التحليل التفسيري الجيومتري ، او المجال الذي سوف يسمى « تحقيق المعادلات » . كل واحد جرب مقدرته في هذا ، وفي سنة 1636 أو 1637 نجح فرمات في ملحقه التابع للمذكرة المشار اليها اعلاه نجاحاً باهراً . ولكن باستثناء فرمات وروبـرفال (1602ـ 1675) Roberval الذي انتظم مع فيات عن قرب ، اكثر من تلميذيه، والذي استعمل بـالمناسبـة

كونشويدة (La Conchoide) نيكوميد (Nicomede) اتبعت غالبية الرياضيين بحماس ، متاهات الاقدمين. وقدم ديكارت، سنة 1629 الى اقصى حد، حله الجميل للمعادلات ذات الدرجات ثلاثة واربعة، بالتوصيل بين بارابول ودائره ، ضمن طزاز هو طراز هندستنا التحليلية .

نشير هنا ان هذا المجال، مجال تحقيق المعادلات ، امتد حتى نيوتن ضمناً ، وقد بـرز فيه سلوز Sluse (1622 – 1685) بشكل خاص . ولكن نيوتن ابرز محدوديته واشار الى ان دقته ، غير الكافية بشكل بارز ، لا تساعد على اللجوء اليه الا من اجل دراسة تمهيدية ، من اجل فصل جذور المعادلة . اما البحث عن نتائج اكثر دقة فيدخل في مجال الحساب العددي .

حوالي 1632 طرح غوليوس Golius على ديكارت مسألة بابـوس Pappus) المشهورة بعد ذلك ، والمعروفة تحت اسم مكان [مركز] الثلاثة والاربعة والخمسة مستقيمات . وحلها ديكارت خلال ثلاثة اسابيع ، مجربا فيها تفوق تقنيته ، ووجد فيها تعريفا دقيقا لمنحنياته الهندسية (الجيـومتريـة) . انها المنحنيات التي يرتبط فيها **الإحداثيان** (Coordonnées) x وy بواسطة معادلـة جبريـة = (P (x,y) (0). لاحظ ديكارت انه بالامكان بناء كل نقطة من هذه المنحنيات : مهما كانت سينيّته ، بسلسلة منتهية من حل المعادلات الجبرية ذات الدرجة التي يتزايد ارتفاعها. ومثل هذا البناء يكون على العموم مستحيـلا بالنسبـة الى المنحنيات التي يسميهـا ميكانيكيـة ، والتي سماهـا ليبنيز متعـالية او صـاعـدة (Transcendantes) والتي لا تتعلق بالتالي بتقنيات الجيومتري التحليلية .

وبعد ذلك اصبح اطار كتاب (1637) محدد . وعلينا مع ذلك ان نعود الى اقسام اخرى من هذا الكتاب ، الاساسي بالنسبة الى الرياضيات الحديثة .

II ـ تقدم متنوع

التحليل الديوفانتي ـ سبق ان اشرنا الى التأثير الضخم الذي احدثه ديوفانت Diophante على الجبريين من بومبلي Bomblli الى فيات Viéte . « فمناهج هذا الاخير التحليلية الاستكشافية » (Zététiques) مع رمزيته الخاصة ، تسير في خط تحليل ديوفانت. في سنة 1621 قدم باشت دي ميزيرياك Bachet de Méziriac اول طبعة اغريقية ـ لاتينية عن « آريتمتيك »، الحساب، مع تفسير وافٍ . ولكن هذا التحليل الذي سبق أن ذكرنا مبادئه (المجلد I ، القسم الثاني ، الكتاب 2 ، الفصل 2) قد شاع ، أما من خلال الطبعة اللاتينية ، طبعة كزيلاندر (1575) Xylander ، واما من حواشي عليه ، بالايطالية من صنع بومبلي Bombelli في كتابه « الجبرا » لـ 1572 ، أو بالفرنسية لستيفن Stevin وجيرار Girard ، أو باللاتينية لكلافيوس Clavius في الجبرا لسنة 1608 .

وشيوع هذا النوع من التمارين، المجانية الخالصة، سوف يستمر طيلة القرن. والمعلم الاول بهذا الموضوع هو فرمات Fermat . وملاحظاته حول ديوفانت، المدونة في هوامش نسخته من طبعة

باشت Bachet انقذت من النسيان بفضل ابنه صموئيل Samuel في اعادة طبع هذا الكتاب (1670). وبذات الوقت اصدر الاب دي بلي P. de Billy ملخصاً لتقنياته . واذا كان التحليل الديوفانتي هو مجال مهمل في ايامنا ، فقد اتاح للجبريين في القرن 17 ان يمارسوا براعاتهم ، وان يشحذوا اساليبهم ، وتأثيره على الحساب اللامتناهي الصغر، حساب الاخوين برنولي Bernoulli. ليس مما يهمل.

فيرمات ونظرية الاعداد ـ ولكن افكار فيرمات حول التقنيات الديوفانتية حملته ، فيما بين السنوات 1626 و1643، ومع بحوث ومع بعض الاختراعات التي تراكمت حتى سنة 1658 ، على ابتكار نظرية الاعداد. اما الاختراعات الرئيسية الّتي ابرزت اسمه في هذا المجال فهي :

1 ـ أسلوب الهبوط اللامتناهي ، وهي تقنية حسابية بصورة خاصة ، هبوط المثقلة Puissance المحدودة ، أسلوب قدّم له ولخلفائه من بعده خدمات مهمة جداً .

2 ـ القاعدة الصغيرة ، قاعدة فرمات : إذا كان p عدداً أوّلياً فـ : $a^p \equiv a$ (modulo p) أي أنّ باقي قسمة a^p على p يساوي باقي قسمة a على p .

3 ـ اقتراحات مثل :

كل عدد صحيح كامل هو مجموع اربعة مربعات ، على الاكثر، او ثلاثة ثلاثيات (Triangulaires) او خمسة خماسيات الخ وكل عدد من شكل $(4n + 1)$ هو مجموع مربعين ، ولا يكون ابداً العدد من شكل $(3n - 1)$ من شكل $(a^2 + 3b^2)$. واي مثلث قائم ذي اعداد صحيحة لا تكون مساحته مربعة .

4 ـ قاعدة فرمات الكبرى : المعادلة $(x^n + y^n = z^n)$ (n = صحيح اعلى من 2) تكون مستحيلة بالاعداد الجذرية (القياسية) .

5 ـ معادلة بل ـ فرمات : Pell-Fermat المعادلة $(Nx^2 + 1 = y^2)$ هي دائماً ممكنة بالاعداد الصحيحة . ولا يوجد، تقريباً ، اي اثبات من اثباتات فرمات . وفيما خص الكثير من مقترحاته فربما لم يكن لديه اي اثبات حق . ذلك هو حال قاعدته الكبرى التي ظهرت وكأنها احدى اكبر الخفايا في مجال الرياضيات .

واذا كان التحليل الديوفانتي، الذي لا يتطلب الا المهارة ، متبعاً من قبل المعاصرين ومن قبل الخلفاء المباشرين لفرمات ، فان نظرية الاعداد التي تتطلب العبقرية لم تجد رياضيين مؤهلين وجديرين بها الا مع أولر Euler، ولاغرانج Lagrange رغم ان بعض النتائج المنفردة قد عثر عليها في هذه الاثناء ، وكذلك عثر على بعض المسائل الجديدة المطروحة .

ديزارغ والجيومترية الاسقاطية ـ فيما كان فرمات يشق طريقاً جديدة جداً ، قام ديزارغ Desargues (1591-1661) ، وهو رياضي اصيل جداً ، يشق طرقاً خاصة في مجال آخر ، هو مجال الجيومترية الخالصة .

وخضعت القطوع المخروطية لدراسات عديدة من قبل علماء امثال غريغوار دي سان فانسان Grégoire de saint u Vincent، وكافاليري Cavalieri، وميدورج Mydorge (1585 u 1647) الذين اغنوا ، عن طريق مناهج ابولونيوس ، نظرية النتائج المهمة وان كانت مجزأة .

وقدم ديزارغ Desargues اكثر بكثير. فقد كان مولعاً بالرياضيات المطبقة على الهندسة المعمارية ، وبالرسم ، وبالساعات الشمسية ، فضلاً عن تضلعه بالجيومترية القديمة ، وابتكر تقنية جيومترية جديدة ، هي الجيومترية الاسقاطية . وكتب شروحاته Opuscules واهمها : « مسودة مشروع للاحداث الناتجة عن تلاقي مخروط بسطح» (1639) بلغة فرنسية منهجية ، بدون كلمات تقنية كلاسيكية مترجمة عن اليونانية او اللاتينية . ان هذه المحاولة التجديدية في اللغة ، باتجاه التحديث اضرت بنشر افكاره . فلم يتتلمذ عليه الا القليل : الحفار بوس Bosse الذي وسع وشرح التطبيقات التقنية لافكار معلمه ، ثم بليز باسكال Blaise Pascal وفيليب لاهير Philippe de la Hire . والنص الكامل لمسودة المشروع الذي بقي ضائعاً لمدة طويلة لم يطبع قبل 1951 .

واعلن باسكال Pascal صراحة انه تلميذ ديزارغ Desargues . وعثر على القاعدة التي تحمل اسمه حول المثمنات Hexagones المحبوسة ضمن مخروط واستمد منها نظرية كاملة حول المنحنيات . ولم يبق لنا من اعماله الا عنوان قصير من سنة 1640 : « تجربة حول المخروطات ». وكان فيليب دو لاهير Phillippe de la Hire (1640-1718) عالماً رسمياً في بلاط لويس الرابع عشر . وكان غزير الانتاج ، الا انه كان اقل تميّزاً، وكان واحداً من اوائل الاعضاء في اكاديمية العلوم . وكان أبوه الرسام لوران دو لا هير Laurent de la Hire صديقاً شخصياً لديزارغ Desargues .

ويستحيل علينا التوسع في مناهج ديزارغ Desargues ونتائجها . نكتفي بالاشارة فقط الى فكرة النقطة الى اللانهاية فوق خط مستقيم ، والى المماهاة الناتجة بين ضمة من المستقيمات المتوازية وضمة من المستقيمات المتلاقية ، وكذلك مماهاة المخروط والاسطوانة ، والى نظرية التشابك فوق خط مستقيم ، وقاعدة ديزارغ » الناتجة عنه ، بالنسبة الى ضمة منتظمة من المخروطات . ونشير اخيراً الى نظريته حول المثلثات المتماثلة ، أو القابلة للتماثل .

ووقف تطوير الجيومتريا التحليلية ، الذي ساهم لاهير La Hire بنفسه فيه ، وتطوير الاساليب اللانهائية الصغر ، عائقاً في وجه توسع ونمو تقنيات ديزارغ Desargues . أما الجيومترية الاسقاطية فقد انتظرت تلاميذ دي مونج Monge لتزدهر وتأخذ كل معانيها .

نيبر Néper واللوغاريتم ـ بعد العودة الى الوراء نشير الى اكتشاف ضخم في القرن السابع عشر في بدايته ، يُعزى الى الاعمال المتعلقة بعلم المثلثات النجومي ، ولكن هذا الاكتشاف كان له انعكاسات مدوية على الرياضيات البحتة ، وعلى الاقسام الاخرى من العلوم . وهذا الاكتشاف هو اللوغاريتم . فقد عاد جون نابير أو نيبر John Napier of Merchiston ou Néper (1550-1617) وهو بارون اسكتلندي ،في محاولة لتبسيط حسابات علم المثلثات ،عاد الى فكرة قديمة

حول مقارنة التصاعديات الحسابية والهندسية. وقد عرف كيف يعرضها بشكل عام، ويترجمها بحسابات واقعية . وبهذا المعنى كتب يقول : « ان لوغاريتم كل جيب زاوية هو عدد يعبر بصورة تقريبية كبرى عن الخط الذي يتزايد ايضاً خلال ازمنة متساوية . في حين ان خط الجيب الشامل يتراجع نسبياً ضمن هذا السينوس او الجيب. والحركتان تتمان بذات الوقت ، وتنتلقان في البداية بذات السرعة » (ميرفيسي لوغاريثمو كانوني. . . Mirifici logarithmorum canonis 1614) .

يستدعي هذا التعريف عدة ملاحظات . نشير اولاً ان اللوغاريثم هي « عدد الكلمة » أو « عدد النسبة » او « عدد السبب » .

من المعلوم أنّه منذ اليونانيين القدماء حتّى القرن الثامن عشر كانت التعابير المستعملة في نظرية النسب لوغاريثمية شبيهة بالتي نستعملها . فإذا كان مثلاً (r_1) هو خارج قسمة A على B و(r_2) هو خارج قسمة B على C، لا نقول أنّ خارج قسمة A على C هو حاصل ضرب الخارجين الآخرين ، بل مجموعهما . وهكذا نستنتج من المعادلات ($a/1 = a^2/a = a^3/a^2 = a^4/a^3$) أنّ خوارج القسمة ($a^2/1, a^3/1, a^4/1$) هي على التوالي ضعفا ، ثلاثة وأربعة أضعاف خارج القسمة الأساسي a/1 . وكانت التعابير من هذا النوع لم تزل تُصادف بكثرة في القرن السابع عشر ، في « مبادىء » نيوتن مثلاً . واعتمد ديزارغ ، وغيره ، في بياناته الجيومترية رمزية وتعابير يضيف إليها ويطرح منها المثقلات (raisons) ، وهي تُعتبر غير مفهومة بالنسبة إلينا إلاّ إذا أخذنا بعين الاعتبار ما سبق .

واذاً فاللوغاريتم نقيس المثقلات وتكون العدد الذي يضاف او يطرح او يضاعف عندما يضاف المثقل او يطرح و يضاعف .

ومن جهة اخرى يتعلق تعريف نيبر Neper بالجيوب Sinus لان واضع نظرية اللوغاريتم يتابع بصورة اساسية غاية عملية : هي تسهيل حسابات المثلثات ، او بصورة ادق الحسابات النجومية . وبالتالي اذا كانت اللوغاريثم هي عدد بالمعنى الصحيح ، عدد صحيح او كسرى ، فذلك ان الحسابات لا يمكن ان تتناول الا الارقام والاعداد. ولكن اللوغاريثم هي في الواقع القياس الاكثر قرباً ، ما أمكن من مقدار مستمر يمثل هنا بخط .

وهذا الخط هو بالمعنى الصحيح متعلق بالجيب Sinus ، وكلمة تعلق Fonction ادخلت فيما بعد من قبل ليبنز Leibniz ولكنها تبدو هنا مغالطة . هذه العلاقة ادخلت عن قصد بموجب معادلة تفاضلية ، ولأول مرة في تاريخ الرياضيات . اذا سمينا R شعاع الدائرة او جيب عام، وX الجيب المدروس وY لوغاريثمه بالمعنى الذي قصده نيبر Néper فيكون : $Y = 0$ عندما يكون $x = R$ و$(dy = -(R/x)\,dx)$.

وهذا يعطينا مباشرة العلاقة بين لوغاريثمات نيبر Néper الاولى ، ولوغاريثمات نيبر الحالية (وهذه التسمية الاخيرة ادخلها لاكرواLacroix) : $y = R \operatorname{Log}(R/x)$.

وإذا كان بالامكان معارضة أسبقية نيبر، فيما يتعلق بفكرة اللوغاريثمات بالذات، فمن المؤكد أن هذا

المعنى العميق للاستمرارية، التي تتطلب معرفة كبرى بالرياضيات القديمة . وهذه الفكرة المبدعة ، فكرة ادخال الاستمرارية بواسطة الحركة وادخال هذا التعريف التفاضلي للوغاريثم ، يعود الفضل فيها اليه بدون نزاع ، الامر الذي يجعل منه احد الرياضيين الاكثر عمقاً في اواخر القرن 16 وبداية القرن 17 .

ويؤدي التعريف التفاضلي الى قانون اساسي بموجبه يكون للجيوب Sinus . ذات التعاقب الهندسي المتنازل انطلاقاً من الجيب العام R ، لوغاريثمات ذات تصاعد حسابي متزايد انطلاقاً من صفر . فضلاً عن ذلك ان لوغاريثم AB/R هو مجموع لوغاريثمات A وB . فضلاً عن ذلك يبدو ان نيبرNéper ، وقد سبق زمنه ، لم يكن يخشى استعمال لوغاريثمات سلبية في زمن كانت فيه غالبية الرياضيين لا تريد استعمال الارقام السلبية ونضيف ايضاً انه في الحقبة التي أسس فيها نيبر نظرية اللوغاريثمات ، كان غاليليه ، وبموجب تحليل بدائي جداً ، ولكن قريب ، وربما مستوحى من اكتشاف الاسكتلندي ، قد رفض فرضية قانون سقوط الاجسام وفيها تكون السرعة متناسبة مع علو السقطة ، مبيناً ان السقطة ، ضمن هذه الفرضية تكون آنية وفجائية . وقد قام فرمات Fermat سنة 1642 ، ولحساب غاسندي Gassendi، بوضع شكل هذا التحليل .

وأدت نظرية نيبر Néper بواضعها ، الى بناء جداول ، وهو هدف واضح استمر به . وتوصل الى ذلك بعد وضع عدة تصاعديات هندسية ذات مثقلات (Raison) بسيطة جداً مثل ($1 - 10^{-7}$) وذلك بعد استعمال استكمالات ذكية ؛ وفي جداوله $R = 10^7$

كانت هذه اللوغاريثمات الاولى تظهر بعض المصاعب في الحسابات العملية . وتولى بريغز ، بناء على مشورة نيبر Néper بالذات حسابها من جديد، انطلاقاً من ان لوغاريثم الوحدة هو صفر ، ولوغاريثم العشرة 1 . وهكذا سار بحساب لوغاريثماتنا العادية ، وبالنسبة الى الارقام الـ 31 الف الاولى الصحيحة حتى الجزء العشري الرابع عشر .

وعرفت جداول اللوغاريثمات التي كانت بالنسبة الى المحاسبين ، وخاصة علماء الفلك تمثل حاجة ملحة ، نجاحاً مباشراً وضخماً . فمنذ 1614 ، وهو تاريخ نشر كتاب « معرفة قوانين اللوغاريثم . . 1631 »، خرجت من المطابع كتب تزيد على العشرين . ومن بين هذه الجداول يوجد كتاب نقيض اللوغاريثم لبورجي Bürgi الذي طبع في براغ سنة 1620 . ولكن صاحبه كان قد حسبه بين 1603 و1611، اي بمعزل عن اعمال نيبر.

ونجد بين المؤلفين الاخرين جون سبيدل John Speidell، وكبلرKepler ، وبريغز Briggs، وادمون غانترEdmund Gunter مخترع قاعدة الحساب ، وفلاك Vlacq ودينيس هانريون Denis Henrion الذي وان لم يكتب كتاباً اصيلاً ، الا انه نشر سنة 1626 اول كتاب فرنسي حول هذا الموضوع .

التحليل التوافيقي والاحتمالات - يجب ان نضيف الى هذه المقدمات الجديدة في عصرها

التحليل التوافيقي، والذي ظهر باكراً عند الكثير من المؤلفين . الا ان فرمات تميز فيه عن غيره ، مره اخرى ، وذلك بتقديمه ، سنة 1636 معادلة الاعداد المجازية ، وهي المعادلة التي نكتبها اليوم على الشكل التالي :

$$C_n^p = \frac{n(n-1)\dots(n-p+1)}{p!}$$

وقد قام باسكال Pascal في كتابه الصغير الذي صدر سنة 1654 حول المثلث الحسابي تبيناً استقرائياً (من الخاص الى العام) كاملاً ، وهي تقنية استغلها من قبل أرخميدس Archimède وموروليكو Maurolico وباشت ميزيرياك Bachet de Méziriac ، ولكنها لم تأخذ كل مداها إلا مع جاك برنولي Jacques Bernoulli .

ويمكن أن نذكر أيضاً في هذا المجال من البحث ، الدراسات حول المربعات السحرية ، وهي تسليات من قبل المحللين أعادها الى الحياة باشت Bachet سنة 1612 و1624 . وقد انصرف اليها فرمات منذ سنة 1630 ؛ بحماس مدهش . وتميز فرانيكل دي بسي Frénicle de Bessy (1605-1675) في هذا المجال كما تميز أيضاً في نظرية الأعداد .

أما حساب الاحتمالات الذي سبق ووجدنا بعض الأمثلة منه عند باسيولي Pacioli وكاردان Cardan وغاليليه ، فقد نشأ حقاً في سنة 1654 ، على أثر تبادل رسائل ، بين بليز باسكال Blaise Pascal ، وكان عمره يومئذٍ 31 سنة (وقد كتب معالجة المثلث الحسابي والبحوث الملحقة به) وبين فرمات الذي كان عمره 53 سنة في هذه المرحلة ارتبط هذا الحساب بالتحليل المزجي . وكانت أساليب فرمات متفوقة تماماً على أساليب تلميذه الشاب . واضطلع هويجن Huygens على هذه المراسلة ، فاهتم بدوره في المسألة ونشر سنة 1657 أول كتاب من حساب الاحتمالات وعنوانه : «De ratiociniis in ludo aleae» .

III ـ وضع الحساب اللانهائي

إذا كان من الواجب تلخيص جوهر اكتشافات القرن ، فيذكر أولاً التحليل المموه الذي قام به فيات والذي تكلمنا عنه وعن ملحقيه : نظرية المعادلات الجبرية ، والجيومترية التحليلية ؛ ثم أخيراً التحليل اللامتناهي بفرعيه المتميزين أولاً : الحساب التفاضلي والحساب التكاملي اللذان لم يجدا رابطهما الوثيق وتسمياتها إلا عند ليبنيز ونيوتن : ان تاريخ هذا التحليل اللامتناهي هو ما نعالجه الآن .

فرمات : المبادىء الأساسية والمماسات ـ في سنة 1629 أو في 1630 بأقصى الحدود كان فرمات

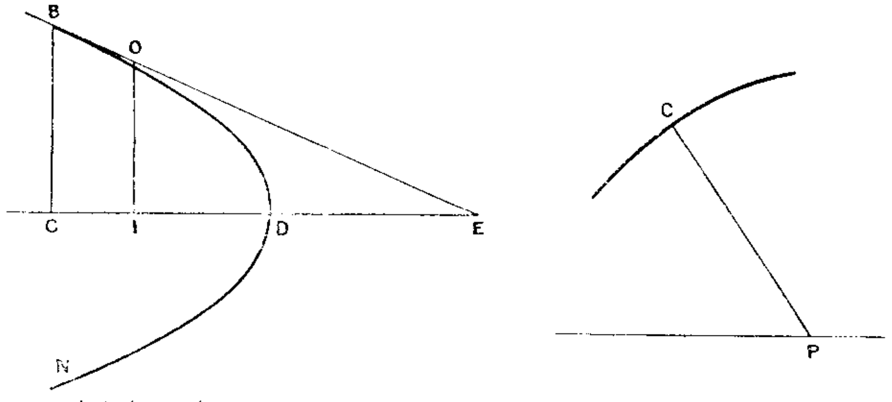
يمتلك قاعدة تتعلق بتحديد قصويات (Extremums) الدالات الجبرية أو العلائق . وقراءته لبابوس هي التي قادته الى اكتشافها . ولكن هذا الاكتشاف لن يتم إلا عند تلميذ من تلامذة فيات .

وبعد مونتكلا Montucla ، أكد مؤرخون كثيزون أنه أسس طريقته على المبدأ الذي أثاره كبلر في كتابه (Stereometria doliorum) : ان المقدار الواصل الى أقصاه الى ذروته أو إلى أدناه ، له ، في الجوار ، تغيرات غير محسوسة . الواقع ان مبدأ فرمات هو شيء آخر .

فمن طرفي « الأقصى » (Extremum) ، تستعيد العلاقة « الدالة » (fonction) نفس القيمة . وإذا كان « متعدّد الحدود » المدروس هو P(x) وإذا كان a قريباً من الأقصى نكتب :

$P(a + e) = P(a)$ مما يعطينا معادلة لـ e قابلة للجذر الأكيد صفر (0) وللجذر الثاني (e) ، ويكون الأقصى موجوداً بالنسبة لقيمة x واقعة بين a ، (a+e) . وبعد الاختزال بـ (e) تبقى معادلة $Q(a,e)=o$. وإذا نزع (a) نحو القيمة القصوى المطلوبة ، فإن e تنزع نحو الصفر . وقد حدد فرمات الأقصى بالمعادلة ($Q(a,0)=0$) .

وعندما أراد تفسير نفس الطريقة في تحديد المماسات ، ارتكز على الواقعة بأن المماس هو ، في حدود نقطة التماس ، بكامله من نفس الجهة بالنسبة الى المنحنى . نفترض عندئذٍ خطاً منحنياً «جيومترياً» معادلته ($P(x,y)=0$) حيث P متعدّد الحدود المماس . ان عند النقطة M من الاحداثيات x_0, y_0 يقطع محور السينات x عند نقطة (x_0-S) ، ان رمزنا بـ S إلى المماس التحتي . فالنقطة الراكضة في هذا المماس لها إذن الإحداثيتان x و($x-x_{0+s}$) $y=y_{0/s}$. نحمل هذه القيمة ، قيمة y في p(x,y) نحصل على متعدّد حدود جديد لـ x . أما المماس الباقي في نفس المنطقة بالنسبة الى المنحنى المجاور لـ M . هذا البولينوم الذي ينعدم في ($x = x_0$) يحتفظ باشارة ثابتة في الجوار . وإذاً فهو يمر في x_0 بأقصى أو بأدنى . والتعبير عن هذه الواقعة بأسلوف فرمات ، نعثر على معادلة تعطي مماساً تحتياً : s .



صورة 15 ـ بناء المماس بقلم فرمات .

صورة 16 ـ بناء العامود على نقطة التماس بقلم ديكارت

وهـذا هو أسلوب الكـاتب في التعبير عن نفسـه ، سنة 1637 ، حـول مثل البـارابول (قـطع مكافىء) (صورة 15) : أعطينا البارابول .B.D.N قمته D وقطره (D.C) ؛ وعليه توجد النقطة B ، التي منها يسحب المستقيم B.E ، مماساً للبارابول وملتقياً بالقطر عند E . ان أخذنا على المستقيم B.E نقطة ما O ومنها نسحب الصادية (O.I) وبذات الوقت الصادية (B.C) منْ النقطة B . يحصل معنا : $CD/DI>BC^2/OI^2$ لأن النقطة O هي خارج البارابول : ولكن $CE^2/IE^2=BC^2/OI^2$ بسبب تماثل المثلثين . وإذن : $CD/DI>CE^2/IE^2$. ولكن النقطة B مقدرة وإذن فالصادية B.C ، وإذن النقطة C وإذن C.D . أي أنّ d=CD معيّنة . نضع a=CE وe=CI فيكون :

$$d\,(d-e) > a^2\,(a^2 + e^2 - 2ae)$$

نضرب الأوسطين ببعضها ، والطرفين ببعضها : $da^2+ de^2 - 2dae > da^2- a^2e$ ولنساوِ تقريباً ، سنداً للطريقة السابقة ، عندها نحصل بعد طرح العناصر المشتركة على :

$de^2 - 2dae = - a^2e$ أو على : $(de^2 + a^2e = 2\,dae)$.

نقسم كل العناصر على e نحصل على $de + a^2 = 2\,da$ الغِ (de) يبقى $(a^2 = 2\,da)$ أي أن $(a= 2d)$

نثبت إذن أن C.E هو مضاعف .C.D وهذا مطابق للحقيقة .

كان فرمات ملكاً لطريقته بشأن المماسات سنة 1632 .

وقد جُرَّ ديكارت الى ذات المسألة حول بنـاء المماسـات أو بالأحـرى العواميـد فوق المنحنيـات الجيومترية من خلال دراساته البصرية .

وبعد أن اكتشف قوانين الانكسار ، فتش متأخراً على ما يبدو ، إنما حتماً قبل 1636 ، عن منحنٍ بحيث إذا كان A وB نقطتين معينتين ، فإن كل شعاع ضوئي منبثق عن A وينكسر على المنحني يمر في B .

وقد جره تحليل نجهله الى اكتشاف بيضوياته (Ovales) أو المنحنيات المحددة بارامترياً [البارامتر : ثابتة : انها كميـة محددة تتـوقف عليها دالـة من المتغيرات المستقلة] . ولكي يعـطي عن اكتشافـه العرض المدرج في هندسته ، اخترع أسلوبه لبناء العاموديات على المنحنيات الهندسية .

إذا كان PC هو العامود عند C على المنحني $f(x,y)=0$ (باعتبار f متعدّد الحدود ، وإذا كان P هو قدمه على محور السيني ، تكتب المعادلة لدائرة مركزها P ومارة بـ C ونعبر انها تلتقي المنحني عنـد نقطتين متداخلتين أي أن المعادلة عند سينيات التقاطع تفترض وجود جذر مزدوج . وعندما نعود الى مسألة جبرية خالصة يعالجها ديكارت بأسلوب المعاملات غير المحددة التي اختـرعها هـو : (الصورة 16) .

ولا تطبق تقنيات ديكارت وفرمات ، وهي شديدة الارتباط بالهندسة التحليلية ، كما هي الا على المنحنيات « الهندسية » . وقد وعى الاثنان هذا النقص ، فعالجاه كل بحسب أسلوبه . وهنا أيضاً يمتاز فرمات حتماً على خصمه . والحقيقة أن ديكارت لم يعالج الموضوع الا مرة واحدة لكي يضع المماسات على البكرة أو فوق الدويري (cycloïde) . واستبدل بنجاح الدائرة المولدة بمضلع ، الأمر الذي مكنه من العثور على المركز الآني للدوران ، وعلى خصوصية الخط العامودي المار بالمنحني لكي يمر بهذا المركز .

أما فرمات فوضع المبدأ بأنه من الممكن إبدال صاديات المنحنيات بصاديات المماسات وإبدال أقواس المنحنيات بأقواس مطابقة للمماسات المعثور عليها . وبرر جزئياً ، في سنة 1660 ، هذه التأكيدات من سنة 1640 ، التي مكنته من بناء مماسات عدة منحنيات صاعدة كان قد اهتم بها منذ 1638 .

وهذه هي مثلاً مسألة وضعها بهذا التاريخ . نفترض وجود منحنيات كثيره ذات قمة واحدة هي B ونفترض BA, BF, BD, BE كمعطيات معلومة بحسب مواقعها ، ونفترض منحنى آخر له نفس القمة MB ، بحيث أن المطبقات MB (Appliquées مثل MC) تساوي المتوسطات النسبية بين مجموع أجزاء المنحنيات الأخرى : BE, BD, BF, AB ومجموع المطبقات appliquées ، EC, DC, FC, AC (الصورة 17) يتوجب إيجاد المماس عند نقطة معينة من هذا المنحنى الأخير .

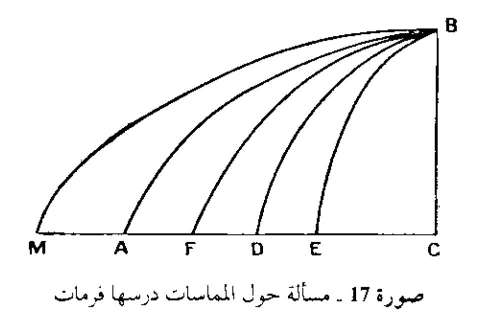
« وإذا أردت أن تكون المنحنيات الأخرى للمثل دائرة أو قطعاً مكافئاً أو زائداً أو اهليلجياً (Ellipse) ، فإني أوافق على ذلك ، بشرط أن تؤمن بأني أعطي الحل لكل عدد ولكل نوع من المنحنيات المعطيّة ، وبدون أي اختلال بالتساوق (أو بدون أي تعبير يتضمن جذوراً) الأمر الذي يبدو مدهشاً » .

وفي حين كان ديكارت وفرمات يعالجان موضوع المماسات بأساليب جبرية خالصة وبعدها يوسعونها لتشمل المنحنيات « الميكانيكية » ، استعمل روبرفال Roberval أسلوباً حركياً ، والحقيقة انه درس المماسات وفقاً لأسلوب نيكوميد Nicomède في دراسة المقعرات بطريقة جبرية ، لكي يناقش وجود جذور لمعادلات الدرجة الرابعة . وهو بهذا تلميذ عند فيات Viete ويضع نفسه في نفس مجال فرمات Fermat . ولكنه في أسلوبه الحركي للمماسات ، يأخذ بعين الاعتبار اتجاه موجّه السرعة، اتجاه يحصل عليه بتفكيك حركة متحرك فوق المنحنى المساري ، بتفكيكه الى مسارين . إلا أنه لم يعالج المسألة إلا هندسياً ، ولم يستخرج اللوغاريثمية بوضوح . وأسلوبه في أساسه يماثل أسلوبنا الذي يقوم ، بالنسبة الى المنحنيات المتمثلة بتعابير مشتقة (بارامترية) من x و y ، أكرر يقوم على اتخاذ كمماس ، الخط المستقيم ركيزة الموجّه ذي الإحداثيتين x′ وy′ . وأسلوبه هذا معاصر تقريباً لأسلوب الآخرين ، بتاريخ 1638 .

ووصل توريشلي Torricelli الى تصورات حركية مماثلة لتصورات روبرفال Roberval ، والتي

ألهمت فيها بعد بارو Barrow في كتابه المسمى (لكسيون جيومتريكا) Lectiones geometricae لسنة 1670 .

ومناهج فرمات وديكارت ، المتماثلة في مبادئها ، حولت الى اللوغاريتم ، على الأقل فيما خص المنحنيات الهندسية ، من قبل رياضيي الجيل التالي . وهم من جهة تلامذة شوتن Schooten وهود Hudde وهويجن Huygens ثم سلوز Sluse ، أسقف لياج ، والذي ينتمي مباشرة الى فيات ، وان كان قد تأثر في روما بمدرسة غاليله عن طريق ريشي Ricci . ان الانكليزي بارو Barrow ، من جهة أخرى ، ولكن بعد تأخر قليل ـ وهو المتأثر أيضاً بريشي Ricci والمدرسة الايطالية ـ قد أخلى كرسيه الى نيوتن . ومع بارو Barrow تمّ الاقتراب أكثر ، في هذا المجال من حساب ليبنيز Leibniz .



صورة 17 ـ مسألة حول المماسات درسها فرمات

غير القابلات للقسمة ـ ان جذور الحساب التكاملي تعود الى « عناصر » إقليدس Euclide وخاصة « عناصر » أرخميدس Archimède . وقد وعى الغرب مسائل تشكل مادة هذا الحساب ، في كتب الرياضي الكبير أرخميدس السيراكوزي الذي أخذ يشتهر لدى الغربيين في أواخر القرن 16 . وكان لوقا فاليريو Luca Valerio من أوائل الذين فهموا هذه الأعمال ، ونشر بعد 1604 بحوثه حول مراكز الثقل النوعي

والى تلميذ غاليله، غير المباشر ، كافاليري (1598-1647) يعود الفضل في انطلاقة الحساب التكاملي . ومن الانصاف أن نلاحظ أنه إذا كان كتابه الشهير : « الجيومتريا . . 1635 » قد كان له تأثير حاسم على الجيل التالي ، فإن الباحثين في عصره الذين عبروا ، مستقلين عنه ، عن أفكار مشابهة كانوا كثراً .

لقد أكمل كافاليري Cavalieri تصوراته ، بعد 1629 ، ولكن في سنة 1615 كان ج . كبلر J. Kepler قد استعمل تقنية مشابهة في كتابه « نوفا ستيريومتريا Nova Stereometria . . » مع جرأة أكبر وبعض النتائج الخاطئة . وتشبيهه المنحني بمضلع ذي أضلاع غير متناهية ، استطاع أن يتصور فكرة غير القابل للقسمة بكل واضح نوعاً ما فضلاً عن ذلك ، كان اليسوعي غرغوار دي سان فانسان Grégoire de Saint-Vincent (1584-1667) قد حصل منذ 1625 على نتائج جيدة ، وكانت طرقه الدقيقة للعرض تقترب مباشرة من شمولية الأقدمين ، ولكن ضياع غالبية أوراقه في حريق براغ لم

تتح له التعريف بأعماله إلا في سنة 1647 في كتابه الكبير : « أوبيس جيومتريكوم . . Opus Geometricum » . لقد أضرَّ به الزمن ، وكذلك أيضاً رغبته المسرفة بالدقة ، ونقل التبيينات الناتجة عن هذه الدقة ، هذا من جهة ، ومن جهة أخرى محاولته الفاشلة في تربيع الدائرة ألقت بعض الظلال على أعماله . ولكن ليبنيز يذكره باحترام الى جانب كافاليري Cavalieri وباسكال Pascal باعتبارهم من ملهميه .

وفي فرنسا ، وبالاستقلال عن كافاليري Cavalieri قام ديكارت وفرمات وروبرفال Roberval ، مستعينين بالجبر الكلاسيكي فربعوا ، باكراً ، « البارابولات » $y = ax^m$ ثم قام فرمات وروبرفال بتربيع « البارابولات » الأعم $y^p = ax^m$ وكعبوا البارابولويدات المتحركة الدائرية ، وعينوا مكان مراكز الثقل النوعي . وهذه المسألة الأخيرة لم يعالجها كافاليري Cavalieri إلا فيما بعد ، بناء على طلب جان دي بوغران Jean de Beaugrand ، بعد 1640 ، وجزئياً مقارضة ضد غولدين Guldin (1577-1643) . وكان هذا الأخير يسوعياً نمساوياً اشتهر بنظرياته حول الأحجام والمساحات في الأجسام الدائرية المتحركة ذات العلاقة بمراكز الثقل النوعي في الصفائح والمنحنيات المسطحة . وقد سبق أن وجدت هذه القواعد عند بابوس Pappus .

وقد ارتبطت كل التقنيات التي استعملها الكتاب المذكورون ارتباطاً وثيقاً بالتراث الارخميدي الذي لم يعرف الا من خلال الخلاصات المقتطفة عن المعلم ، ذلك ان الكتاب الموجه الى اراتوستين Ératosthène الذي كشف عن تحليله لم يعثر عليه الا في مطلع القرن العشرين .

وقد توصلوا ، بفضل حسهم العميق بالرياضيات ، وكل حسب طريقته ، الى اعادة تكوين هذا التحليل . وكانوا يؤمنون عن اخلاص بانهم يجددون ويتجاوزون من يحتذون به . من هنا المناقشات التي لا تنتهي حول الافضلية والاتهامات المتبادلة بالسرقة . وهي جرائم نبرئهم نحن منها جميعاً او تقريباً ، من دون بوغران Beaugrand الذي يبقى مشبوهاً .

كان فرمات من انصار التبيين التركيبي الدقيق، ولكنه قد شغل باهتماماته ، كما كان اسير عبقريته التي تجعله راكضاً من اكتشاف الى اكتشاف ، فاكتفى بالتحليل، الذي لم يتسنَ له حتى مجرد عرضه ، فاكتفى باعطاء النتائج لا اكثر .

اما كافاليري Cavalieri، الذي كانت تنقصه مع الاسف مصادر الجبر الكلاسيكي ، فقد حاول ان يمنهج طرقه في كل كبير منظم . وكانت محاولته مغرية، وكان عمق ارائه قد خفي على المؤرخين . فبالنسبة اليه مثلاً ، اذا كان بالامكان قياس رسمة مسطحة بالنظر الى « مجموع خطوطها » الموازية لاتجاهٍ ما . فان هذا المجمل يُحْصَلُ عليه بحركة تكنس السطح فتعطيه ، بحسب اللغة الحديثة ليس قوة « غير المتناهي » القابل للعد، بل قوة اللامتناهي المستمر فضلاً عن ذلك ان تصوره العام جداً للمماثلة ، في الكتاب الاول من مؤلفه تتجاوز الى حد بعيد نتائج الاغريق، اما الاعيبه الجيومترية فهي من الاكثر براعة . الا ان محاولته من الناحية النظرية فاشلة ، لان الكثير من تبييناته غير ثابتة وقد اضاف الى

البديهيات في الهندسة الاغريقية بعضاً آخر، يمكن الاستغناء عنها ، بحسب المنطق الحق . ولكن عندها يتوجب اعتماد وجهة نظر روبرفال Roberval التي عممها باسكالPascal بقوله (1659) :

« كل ما هو مبين بالقواعد الحقة المتعلقة بغير المرئيات ، يمكن تبيينة ايضاً ، وعند الضرورة ، ووفقاً لاسلوب القدماء ، وهكذا لا تختلف مطلق واحدة من هذه الطرق عن الاخرى الا من حيث اسلوب الكلام : وهذا امر لا يمكن ان يجرح الاشخاص العاقلين بعد سبق انذارهم بما يقصد بهذا. ولهذا لن أعارض، فيما بعد، في استعمال هذه اللغة لغة غير القابلات للقسمة: «مجموع الخطوط » او « مجموع السطوح ». وهكذا عندما انظر، مثلاً ، الى قطر نصف دائرة مقسوم الى عدد غير محدد من الاقسام المتساوية عند النقاط Z، من حيث تنطلق « الصاديات » .Z.M، فلن اعارض في استعمال هذا التعبير « مجموع الصاديات » الذي لا يبدو انه هندسي في نظر الذين لا يفهمون نظرية اللامقسومات ، والذين يتصورون انهم هدموا الجيومتريا ان هم عبروا عن السطح بعدد غير محدود من الخطوط، وهذا لا يتأتى الا من نقص الذكاء عندهم ، اذا لا يفهم من هذا الا مجموع عدد غير محدد من المستطيلات القائمة على كل «صادية» مع كل من الاجزاء الصغرى المساوية للقطر ، والتي مجموعها هو حتماً سطح لا يختلف عن مساحة نصف الدائرة الا بكمية اقل من اي معطى »

هذا الانتقال قد يبدو لأول وهلة كتعريف أولي ممتاز للمتكامل (انتغرال Integrale) المحدد ، فيه تعريف الحد في الأسطر الأخيرة ، الواقع أنه خلاصة لطريقة الرفع المعروفة من الأقدمين ، وخلاصته أسرع للتعبير عنها بلغة اللامقسومات . وتلاشت هذه المعلومات الواضحة جداً تحت تأثير ليبنيز خلال القرن 18 : فدية التقدم الضخم الذي أحدثه ليبنيز نفسه للحساب التكاملي . ولحظ القرن 19 ، وبخاصة مع كوشي (Cauchy) عودة نحو المفاهيم الأرخميدية .

أهم النتائج الرئيسية : ـ دل أسلوب التكامل المباشر المسمى تكامل اللامقسومات بلغة كافاليري على أنّ :

$$\int_0^a x^m \, dx = \frac{1}{m+1} a^{m+1}$$

وذلك باستعمال الترقيمات الحديثة . وقد وضع كافاليريCavalieri هذه النتيجة سنة 1629 (ونشرت سنة 1635) من اجل المثقلات (Puissances) 1 و2، ثم بعد نشر كتابه ، بالنسبة الى المثقلات 3 و4 ثم بطريقة الاستقراء غير الكامل، بالنسبة الى المثقلات الكاملة الايجابية .

وبعد 1635 كانت هذه النتيجة العامة قد اثبتت بدقة من قبل فرمات الذي توصل في نفس الحقبة ، او على الاقل قبل 1638، الى اشمالها المثقلات (Puissances) الكسرية الايجابية (وكان في تعبيره يقصد تربيع البارابولات العامة : $y^p \ a^m = b^p \ x^m$) . وحصل روبرفال على نتائج من نفس النظام. وعندما ظهر توريشلي Torricelli على المسرح في الرياضيات ، حملته استخدامات ماهرة للامنقسمات المنحنية على ان يكتشف (سنة 1641) حجم « الكونويد Conoïde» الرفيع الحاصل

من جراء دوران ايبربول حول مستقيمه المقارب Asymptote . وقد دفع توريشلي Torricelli بمناظرته مع روبرفالRoberval الى توسيع النتائج التي حصل عليها، فربّع الايبربولات العامة

$$x^n y^p = a^n b^p.$$

وتعرف والسWallis على هذه الحسابات في كتب تورسيلي. فقدم عنها عرضاً عاماً عن طريق الاستقراء غير الكامل وذلك سنة 1656، في كتابه المسمى اريتماتيكا انفينتورمArithmetica Infinitorum، وكان هذا العرض موضوعاً بصورة تجريدية حول حسابات عددية. وكان من اولى المحاولات في التحليل اللامتناهي حتى يتخلص من التمثيل الفضائي

وتتعلق المسائل حول السيكلوييد Cycloïde او المنحنى المرسوم بواسطة نقطة مرتبطة بدائرة تكرج دون ان تنزلق فوق خط مستقيم ، بالمسائل السابقة ولكنها تهتم بالعلاقات التريغونومترية . اما مسألة تربيع قنطرة المنحني فقد طرحت على ما يبدو من قبل مرسين Mersenne على روبرفال Roberval ، بعد ان درسها على ما يقال ،غاليله، وحلها اولاً روبرفال سنة 1637، بواسطة طريقه بسيطة وبارعة ، وبهذه المناسبة اخترع روبرفال السينوزوييد Sinusoide او بالنسبة اليه « رفيقة الرولت ». وبعد ان علم فرمات وديكارت بنجاح هذه التكاملية قدما حلولهما وتبعهما بعد عدة سنوات تورشليTorricelli. اما خط المماس فقد وجده روبرفال وكان الطليعة ، وقد ابتكر من اجل هذا طريقته الحركية ، ثم تبعه مباشرة، في سنة 1638 ديكارت ، وذلك بفضل استخدام المركز الآني للدوران ثم فرمات بفضل تقنياته العامة . وفي سنة 1641 اكتشف توريشلّي Torricelli، من جهته الطريقة الحركية التي كان فيفياني Viviani يطبقها بدوره سنة 1643 في بناء مماس السيكلوييد. وحسب روبرفال وتوريشلي كلاهما الحجم الذي يولده دوران القنطرة حول القاعدة. واعتقد توريشلّي، في سنة 1644 انه اكتشف الحجم الحاصل من الدوران حول المحور، والموقع الصحيح لمركز الثقل النوعي لصفيحة مكونة من نصف القنطرة . وقدم نتيجته بدون تبيين. واجتهد روبرفال فلاحظ خطأ وهو يجري تكامله المتقارب. .فسأل منافسه اذا كان متأكداً من النتيجة. وتوصل اخيراً في اواخر سنة 1645 وبعد سنتين من الجهد الى النتيجة الصحيحة .وقد أكمل لهذا الغرض تقنيات التكامل. وقام باسكال بتحسين اساليب روبرفال ووسعها وذلك بمناسبة النزاع الكبير سنة 1658 حول المسائل التي كان هذا الاخير اي بسكال قد نشرها تحت اسم مستعار هو دتونفيل Dettonville وطرحها على كل الرياضيين حول موضوع السيكلوييد .

وبدا تربيع البارابولات (القطع المكافئة) من كل الدرجات (ما نسميه نحن ذات الحد) موضوعاً مطروحاً في منتصف القرن ومحلولاً . وظل تربيع الدائرة معلقاً ، ولكن في المسائل المتعلقة بالسيكلوييد ، كان العلماء يردون اليه تربيعات العلاقات «Fonctions» مثل$\sin^n x$ x^m وفيها يكون m وn العددين الصحيحين الايجابيين والأولين .

وقد حصل توريشلي ومن بعده روبرفال ثم فرمات واخيراواليس Wallis على تربيع الايبربولات أي على تكامل ذي الحدّ x^{-r} حيث r جذري ايجابي. وبقي تربيع الايبربول العادي ايبربول ابولونيوس Apollonius حيث r = 1 مستعصيا على طرقهم . وقد عرف روبرفال عرضا في سنة 1643 ، ان السينيات ذات التصاعد الهندسي تتوافق مع مساحات ذات تصاعد حسابي . ولكن هذه الخاصية قد عرضت بصورة اوضح ، من قبل غريغوار Grégoire دي سان فانسان في كتابه الكبير لسنة 1647 . وقد يكون اكتشفها قبل 1625 . وهذه الخاصية تفترض وجود رابط بين تربيع هذا الايبربول والنظرية الجديدة اللوغاريثمية . وهذا ما اثبته فيها بعد تلميذه سارازاSarasa .

الا ان حساب اللا مقسومات يدخل في مجالات اخرى. ففضلاً عن تحديد مراكز الثقل، اتاح هذا الحساب تصحيح اقواس المنحنيات .

وكانت مجموعة رياضيي باريس، بناء على دعوة الاب مرسين P.Mersenne الذي كان معيناً بالسطح المائل في فرضية خطوط الجاذبية المتلاقية، وجدت منحنياًحلزونياً، خطنا الحلزوني اللوغاريثمي ، كما وضعت خصائصه الرئيسية . وكان ديكارت قد اشترك بالمراسلة في هذه المناقشات . وبين ان هذا المنحني الميكانيكي له طول محدود متناه .

فضلاً عن ذلك عثر كافاليريCavalieri وغريغواردي سان فنسان ، اثناء مراجعتهما لاعمال ارخميدس حول البارابول من جهة، وحول اللولب P = aw من جهة اخرى، قبل سنة 1630، العديد من العلاقات بين هذين المنحنيين . وبين روبرفال في سنة 1642 مساواة اقواس المنحنيين . وبعدهما بقليل توصل توريشلّي الى نفس النتيجة واشملها البارابولات واللوالب الاكثر عمومية ، والمنحنيات التي اخترعها منذ عدة سنوات فرمات . وعثر بذات الوقت على اللولب اللوغاريثمي، بعد ان اثبت كل خصائصه البارزة وسمّاه اللولب الجيوماتري .

وقد تحقق التقدم الاهم في مجال تقويم المنحنيات ، في حوالي 1658 ؛ وسوف نعود لهذا الامر .

تربيعات روبرفال ـ يتوجب علينا، في البداية، ان نشير الى اكتشاف بسيط جداً ولكنه ضخم حققه روبرفال Roberval وهذا الاكتشاف يوجد رابطاً أساسياً بين تحديد المماسات وحساب المساحات وقد دلَّ هذا الاكتشاف على تفوق تصور روبرفال Roberval للامنقسمات ، على تصور كفاليري Cavalieri. فقد لاحظ، ربما سنة 1645 الحدث التالي : نفترض وجود منحن محدودب AC، ومحور x'Ax. وفي نقطة متجولة M نسحب مماساً MT يلتقي المحور عند T والعامودي على المحور عند T، وموازيه المنطلق من M يتقاطعان

صورة 18 ـ تربيع روبرفال

عند N . نفترض AT المنحنى المركز لـ N : ان المساحات المحصورة بين المنحنى AC والصادية Mm، والجزء Am من المحور ، من جهة ، والمنحني AC ، والموازي MN للمحور ، والمنحنى AT من جهة أخرى ، وهي متساوية (صورة 18) .

وفي مطلع كانون الثاني سنة 1646 اعلم روبرفال توريشلي بالأمر. وسرعان ما وجد هذا الاخير تبييناً، واستفاد منه لتربيعات ايبربولاته . ذلك ان تربيعات روبرفال كانت اداة قوية للتكامل ، قبل اختراعات نيوتن وليبنز . وقد قيم ريشي Ricci، صديق توريشلي هذا الاكتشاف تقييماً عظيماً . وقد استفاد منه جيمس غريغوري James Gregory، كما اتاح نجاحاً اول من نجاحات ليبنز ، الذي تقاسم هذا النجاح ، امام التاريخ مع غريغوري نفسه : اكتشاف السلسلة التالية

$$\frac{\pi}{4} = 1 - \frac{1}{3} + \frac{1}{5} \cdots$$

المسألة المعاكسة للمماسات - قبل ان نتفحص العلاقات بين الجيل الذي سبق مباشرة ليبنز ونيوتون . اي جيل واليس Wallis، وبارو Barrow، وباسكال Pascal وهويجن Huygens وغريغوري، يبقى علينا ان ننظر في مسألة اخرى كبيرة متناهية الصغر وهي مسألة عكس المماسات : تحديد المنحني بواسطة مميزاته المماساتية . نعود الى الوراء ، الى اعمال كيبلر في البصريات ، اعماله في كتابه المؤرخ سنة 1604 بعنوان ادفيتيليونم Ad Vitellionem . . . ان مسألة من هذا النوع قد ظهرت في هذا الكتاب . وقد بحث كبلر عن (الآناكلاستيك) l'Anaclastique او المنحني بحيث ان الشعاعات المتوازية تلاقي عنده انكساراً ، ثم تلتقي في نقطة واحدة . ولم يجد كبلر بين يديه كقوانين للانكسار الا جداول عددية بدائية جداً وضعها ويتلو Witelo . ولهذا فقد وعى عدم امكانية الوصول الى شيء . ورغم ذلك فقد درس هذا المنحني نوعياً بواسطة مماساته، وعثر على معنى تقعره وبين ان له خطاً مقارباً (Asymptote) .

وعندها توقف عاجزاً عن الاستنتاج ان هذا هو إيبربول ابولونوس Hyperbole d'Apollonius، منحن يشبهه كثيراً . اما تعريف نيبر Néper وبناؤه اللوغاريثمات فمسأله من ذات النوع .

وعلى اثر هذه الامثلة الاولى، يمكن ذكر التحليل المجهول الذي حمل ديكارت Descartes الى بيضوياته ، والتحليل الذي اوصل رياضيي باريس الى اللولبية اللوغاريثمية.

ان تحديد مركز الثقل النوعي للبارابولات وللبارابولوييد في حالة الدوران قد عولج من فرمات سنة 1635 ، بنفس العقلية . ولكن المسألة التي طرحها ف.دي بوم F.de Beaune هي الاشهر، اذ طلب سنة 1638 ، بناء منحن انطلاقاً من خصوصية تماسية . وهذا المنحني هو لوغاريثمية ذات محاور منحرفة . والاسلوب الذي عالج به ديكارت هذه المسأله يبحث في اعتبارات كبلر Kepler حول « الأناكلاستيك » Anaclastique .

ويلاحظ ايضاً ، انه في بعض الحالات المميزة (بارابول، ايبربول، لوغاريثمية) يربط تغيير روبرفالRoberval فيما بين مسألة حساب المساحة وحساب تحديد المماس .

جـون واليس ـ John Wallis ننظر الآن في تقديمات جيل جديد. كان واليس (1616 – 1703)كما يعلمنا بنفسه، رياضياً درس على نفسه ، منذ 1647، بقراءة أوترد Oughtred، وهاريوت Harriot وتوريسلي Torricelli . وكان مجاله المفضل هو مجال الحساب العددي حيث اظهر براعة كبيرة رغم انه يبني اساليبه على الاستقراء غير الكامل الذي قال عنه فرماتFermat :

« يقترح واليس المذكور سلسلة متتالية من الكميات تبدأ بصفر (الذي يمثل النقطة) والتي تتالى بتصاعدية حسابية ، ويبحث عن الاس السبب الموجود بين مجموع الكميات المذكورة ومجموع الحدود المساوية لاكبر المعطيات .

والوسيلة التي يقدمها للعثور على هذا الاس السبب تقوم على اخذ مجاميع الكميات المختلفة للاعداد ابتداء من الادنى، ثم مقارنة الاسات بعضها ببعض ثم استخراج قاعدة شاملة من هذا .

« وتمكن الاستعانة بهذا الاسلوب، اذا كان تبيين ما هو مقترح مخفياً ، وانه من الواجب اولاً وقبل السعي من اجل الوصول اليه ، التثبت اولاً من الحقيقة ؛ ولكن يجب توخي افضل الاساليب ثم الالتزام بالحرص والحذر اللازمين . اذ يمكن اقتراح شيء ما ، واتخاذ قاعدة ما ثم العثور على انها جيدة بالنسبة الى عدة اشخاص ومع ذلك فهي خاطئة وغير عامة ولا شاملة . . » .

ان مأخذ فرمات Fermat محق . الا ان تقدم الرياضيات سوف يتحقق من خلال هذا التواري لروحية الدقة ، التي لم تبق متمثلة الا بهويجنHuygens ونيوتنNewton . وحتى هذان اعتبرا فعالية التقنيات افضل من تبريراتها النظرية .

ومهما يكن من امر، يجب الاعتراف بفضل واليس Wallis لانه اظهر جدوى وقوة التقريبات العديدة غير المحدودة . فهو قد اهتم مثلاً ، بالكسور المنهجية العشرية والستينية ، وبين ان العلاقات الجذرية تولد الكسور الدورية وان الكسور الصماء غير الجذرية تولد الكسور غير الدورية . وقدم حاصله الشهير اللامحدود اللامتناهي حول التقريبات اللامحدودة لـ $4/\pi$.

واستنبط صديقه لورد برونكرLord Brouncker ،من نفس العدد، تعبيراً بواسطة كسر متتابع . هذا النظام الاخير للعد الذي وضعه بومبلي Bombelli، قد عولج بصورة منهجية في بداية القرن من قبل كاتالديCataldi، استاذ في بولونيا. وقدم واليسWallis دراسة اخرى منهجية مرتبطة بالكسور العشرية . وطبقها شونترSchwenter (1585 – 1636) عملياً سنة 1627. واستعمل هويجن Huygens من أجل بناء مرصده الآلي هذا الألغوريتم ، إلا أن هذا القسم من أعماله لم يعرف الا في سنة 1713 بعد موته .

السلاسل المتلاقية ـ ولكن المكسب الاساسي الذي حققته مدرسة واليس Wallis هو التوصل

الى السلاسل المتلاقية . ظهر التعبير باللاتينية ، بمعنىً تحليلي، عند جيمس غريغوري James Gregory (1675 – 1638) (فيرا سيركولي Vera circuli)و (إيبربولا كوادراتورا Hyperbolae quadratura) (1667) بمفهوم مختلف قليلا عن المعنى الذي نعطيه اياه نحن. عند غريغوري Gregory القصد هو سلاسل تعطي بآنٍ معاً قيماً زائدة وقيماً ناقصة لقطاع دائري ، وكل مزدوج متتال يتراكب في السابق . وعندها لا يكون من الضروري ان تلتقي السلسلة بالمعنى الحديث للكلمة . ان كلمة « تلتقي » قد أخذت عن لغة البصريات (جيمس غريغوري James Gregory كان أيضاً عالماً بالبصريات) .

إن السلاسل المتلاقية حقاً والتي استعملها غريغوري فيما بعد ، ظهرت منذ 1650 عند مانغولي Mangoli (1686-1626) وهو استاذ في بولونيا . إلا أن هذا المؤلف عرف في الأوساط الانكليزية حوالي سنة 1670 ، وأعماله لم يكن لها على ما يبدو انعكاسات مهمة .

ان نيكولا مركاتور Nicolas Mercator (كوفمان Kauffman) المولود سنة 1620 . في الهولستين Holstein، والمتوفى في باريس سنة 1687 هو الذي اطلق حقاً هذه التقنية المهمة جداً . ففي كتابه المسمى لوغاريتموتكنيكا Logarithmotechnia، المنشور سنة 1668 في لندن ، وجد مساحة الإيبربول، وذلك عن طريق الاختزال اولا في سلسلة جيومترية (1/1 +x) ثم بدمج الحد باخذ وفقاً لاسلوب واليس Wallis . وقد عثر هذا الاخير وبذات السنة على نتائج مشابهة نشرها سنة 1670.

وقد كان للاسلوب نجاح باهر، وخلال بضع سنوات برع به جامس غريغوري James Gregory ونيوتن وليبنيز Leibniz. Newton . والامتياز يعود حتما الى اسحاق نيوتن Isaac Newton الذي عثر على السلاسل لا بالقسمة فقط ، بل بذي الحدّين Binôme الذي يحمل بحق اسمه ، بالنسبة الى المضعفات Puissances القياسية النسبية لـ (1+x) . وكشف سنة 1676 ، وبعد مدة طويلة من الاكتشاف ، أنه عثر على تطويرات القوس الأجوف (x) . والقوس الأجوف المقلوب x وجيب التمام x الخ ، وسلاسل مماثلة بالنسبة الى قوس القطع الناقص (Ellipse) وحتى بالنسبة الى أهلة Segments وأقواس تربيعة دينوسترات (Dinostrate) ، إذا لم نكن بعد قد توصلنا الى الحساب اللامتناهي الكلاسيكي فإننا قد اقتربنا منه كثيراً .

هويجن ـ Huygens يختلف هويجن Huygens، كرياضي، تماما عن واليس Wallis . وهو، اكثر من كافاليري Cavalieri او من توريشلي Torricelli، حصيلة تربية اكاديمية متطورة جداً . ذلك ان تلميذي كاستلي Castelli قد حرما للاسف من تأثير فيات Viète . وبالعكس كانت مجموعة تلاميذ شوتن Schooten قد تلقت زيادة على تأثير الكلاسيكيين الكبار من الاغريق، تأثير فيات Viète، وتأثير ديكارت Descartes بصورة مباشرة ايضا واكثر حداثة . فقد كان شوتن Schooten هو ناشر الرياضيين الكبيرين وكان التلميذ المباشر لديكارت .

وبعد ان اجتمع هذا التأثير المبارك بعبقرية التلميذ، اعطى النتائج الحلوة التي حصل عليها هود

Hudde، أو فان هورات Van Heuraet. وعندما التقى هذا التأثير بالعبقرية، كان هويجن Huygens (1629 — 1695). ولن ندرس هنا الا المظهر الرياضي الخالص لعمل هذا العالم العالمي، رغم احساسنا بكل ما في هذه الطريقة من اصطناع، كما سحسه تجاه نيوتن الذي يشبه هويجن Huygens بكثير من النواحي. فقد كان هويجن يجمع الى جانب القدرة على الاختراع عظيمة، احساساً بالجمالية الرياضية متطوراً جداً. فهذا الميل الى الاناقة والى الدقة حمله على ان لا ينشر الا الانجازات الكاملة، ولذا كانت منشوراته متأخرة دائماً؛ ولهذا كان من الواجب دراسة رسائله من اجل معرفة تحليل اختراعاته. واشهر كتبه (أورولوجيوم أوسيلاّتوريوم Horologium Oscillatorium، باريس 1673) **يعرض اكتشافات حول الرقاص امتدت طيلة عشرين سنة؛ فهو يبين كيف يتصرّف الرياضي الأصيل تجاه إغراءات التجربة.**

وكان الشاب هويجن يبتغي هدفاً تقنياً: تكييف الرقاص، مع توقيت الساعات. وقد لاحظ ان تواقت التأرجحات ليس مطلقاً كما اعتقد غاليله. ولكي يصحح عدم التواقت اعتمد اسلوب تخفيض اوتوماتيكي لطول الرقاص عندما يتسع مدى التأرجح. وهذا التخفيض يتم بفضل قوسين مقعرين بصورة منهجية حول نقطة ربط الخيط بحيث يلتف هذا الخيط حولهما بصورة جزئية. حتى الآن نحن ضمن اطار التقنية الخالصة التجريبية وان بدت انيقة جداً.

ولكن الرياضي لم يكن راضياً. ماذا يجب ان يكون عليه مسار النقطة الوازنة حتى يكون التواقت مطلقاً؟ نصادف هنا احد الامثلة الاولى من المسائل التي سوف يطرحها عدد كبير من الرياضيين وخصوصاً تلامذة ليبنز Leibniz.

اما مسعى هويجن في الاختراع فمختلف تماماً عن مسعاه في عرضه لسنة 1673. فقد قام بدراسة اولى استعمل فيها تقنيات غاليله عندما يكون المسار قوس دائرة. وعندما عاد الى التكامل المباشر (بين اللامنقسمات) الذي ادخل ما سيكون فيما بعد العلاقات او الوظائف الاهليلجية (البيضاوية)، احل هويجن Huygens المسار بارابول شديد المماس (Surosculatrice) (ذكره حرفياً سان فانسان de Saint — Vincent، سنة 1647، مع ان التعبير يعود أصلاً الى مدرسة ليبنيز). وهكذا رُدَّ الى المتكامل $\int_0^h \frac{dz}{\sqrt{z(h-z)}}$. هذا المتكامل عرف بفضل تغيير روبرفال Roberval، وانما يجب ان يكون المرء على اطلاع على مناهج ديكارت Descartes حتى يرى هذه العلاقة. وهذا المتكامل يعبر عن التواقت الكامل. فما هو اذن المسار الذي يعبر بدقة عن هذا التكامل؟.

ولكن كنّا في سنة 1658، في عصر تحدي باسكال Pascal لكل الرياضيين في العالم حول الروليت. هذا المنحني الذائع الصيت هو الذي قدم الحل حالاً: المسار يجب ان يكون سيكلوييداً.

الروليت ـ ربما نكون قد عدنا الى المنحنى الاكثر اهمية من بين المنحنيات كلها التي درست في القرن 17. يعرض باسكال Pascal بشأنه توضيحاً رائعاً حول تقنية اللامنقسمات فيستخرج اقصى ما فيها ويصل بها هنا الى الذروة. ولكن رن Wren (1632 — 1932) الذي اعاد بناء لندن،

كمهندس معماري، بعد حريقها الكبير، صحح قوس السيكلوييد البسيط. وحالاً بيّن باسكال Pascal ان اقواس النوعين الآخرين من السيكلوييد يردان الى اقواس اهليلجية بيضاوية. وبين فرمات Fermat ان المنحنيات المستخرجة من الروليت بالتجاذب العامودي تتقوم اما بواسطة اقواس دوائر او بواسطة اقواس بارابولات.

وتقدم تقويم اقواس المنحنيات، الشائع كثيراً، تقدماً آخر ملحوظاً. إذ بدات الوقت تقريباً، وبالاستقلال التام، قوّم تلميذ واليس Wallis، و. نيل (1637 - 1670) W.Neil، والهولندي هندريك فان هورات Hendrik Van Heuraet وفرمات Fermat البارابول نصف المكعب ($ay^2 = x^3$). وقدم فرمات فضلاً عن ذلك مذكرتين جيدتين، نشرت الاولى في كتب صديقه لالوبير Laloubère (1600-1664)حول أقواس المنحنيات، والثانية، التي لم تنشر من قبل ابنه إلا في سنة1679، حول أساليبه في التكامل. وكانت الاثنتان رائعتين دقة وأناقة فتجاوزتا تماماً المستوى الذي توصل اليه باسكال. وفي المذكرة الثانية يوجد التكامل المباشر بالسلسلات الجيومترية. هذا الاسلوب المتأخر نوعاً ما عند فرمات، ربما اوحي اليه بالتبيين الذي قدمه روبرفال Roberval (1643) وبمقترحات توريسلي Torricelli حول « الكونوييد Conoide الحاد». ويعرض القسم الثاني من المذكرة وسائل تحليلية لتغييرات المتكاملات، انيقة جداً، ولكنها صعبة التتبع، لان التعابير كانت يومئذ غير كاملة.

كل الناس كانوا يستعملون عندئذ المثلث المميز الذي اكتشفه ليبنيز Leibniz وهو يقرأ باسكال Pascal، سنة 1673، بناء على نصائح هويجن Huygens، في كتاب جيوب (سينوس) ربع الدائرة. وقد احسن الافادة منه، ولكن دتونفيل Dettonville بالذات استعمله في ظروف اخرى مثلاً في كتابه الى هويجن حول « حجم الخطوط المنحنية في الروليتات».

المتطورة والمطورة - نعود الى هويجن والى دراساته حول الرقاص، لقد توصل، عن طريق المعدات الرياضية في عصره، معدات كانت تزداد رهافة، الى العثور على المنحنى المتواقت (الايزوكروني). وبقي عليه، بعد ذلك، ان يجد اللويحات التي تنتظم طول الخط حتى تستطيع كتلة الرقاص البسيط ان ترسم تماماً الروليت. وبعد بقاء الخيط عامودياً على المسار، جُرَّ الى دراسة المتطورات والمطورات، وهي نظرية اسسها وسار بها الى نتائجها القصوى. وحدد متطورة المخروطات وبين ان متطورة منحنٍ هندسي هي بذاتها هندسية وقابلة للتصويب جبرياً وان متطورة السيكلوييد هي سيكلوييد مساوٍ.

نيوتــن -Newton ولكن رجلين، نيوتن وليبنيز Newton et Leibniz، بعد ان ورثا من كل اعمال القرن قاما باستخلاصها والتأليف بينها واستخراج حسابات جديدة منها. واصبح هويجن Huygens، في اواخر ايامه، واحداً من منافسيهما، ومنافساً صديقاً وخبّراً بالنسبة الى تلامذتهما الأوائل.

ونيوتن في الرياضيات يقرب كثيراً من هويجن، وله مثله، معارف اساسية متينة. ومن حيث

تكوينه العام، يستحق ان يقارن بصديقه وسابقه على المنبر اللوكازي Lucasienne في كمبريدج، اسحاق بارو (1630 – 1677) Isaac Barrow. كان هذا الاخير ذا ثقافة كلاسيكية عظيمة، واعطى ونشر مختصرات ممتازة للرياضيين الاغريق. و« محاضراته الرياضية » درست بعمق بالغ اسس العلم. وفي « محاضراته الهندسية » 1670 بين العلاقة بين المسألة المعكوسة للمماسات والتربيعات.

وعرف نيوتن مثل بارو Barrow، وبعمق الكلاسيكيين الاغريق العلميين مع اعجابه وانجذابه نحو علماء العصر. وقد استوعب تماماً ديكارت Descartes. وتعتبر دروسه التي نشرها تحت عنوان « الحسابات الكونية » (1707) خير دليل على ذلك. اذ هي تشكل، بنوع من الانواع، تفسيراً وتتمة للجيومتريا.

ودراساته حول المنحنى من الدرجة الثالثة، والمستوحاة، ربما، من انتقادات فرمات حول تصنيفات ديكارت، تنمي تقنيات الهندسة التحليلية وتظهر كل فعاليتها. وكتابه الاساسي « برانسيبيا » Principia يُعتبر من ناحية الرياضيات البحتة، كنزاً لا يثمن، فيه اختصر المقدمات الهندسية في عصره وعصور الاقدمين.

وفي حوالي سنة 1665 خطرت لنيوتن أولى أفكاره حول حساب التفاضل، واكتشف توسيعه لذي الحدّين. ولكنّه لم يسلّم مكتشفاته للطباعة سوى متأخّراً جدّاً. وقد ضمن أفكاره حول الحسابات الجديدة في كتابه الكبير حول نظام الكون: « الفلسفة الطبيعية لمبادىء الرياضيات »، 1687، وفي محاولاته، « تحليل المعادلات ذات الحدود اللامتناهية » الذي كتبه سنة 1669، ولكن نشر سنة 1711، « طريقة التفاضلات والسلاسل اللامتناهية » الذي كتبه باللاتينية سنة 1671 ولكن ترجمه إلى الإنكليزية جون كولسون John Colson وطبع بهذه اللغة سنة 1736، وكتاب «Tractatus de quadratura Curvarum»، الذي كتب سنة 1693 وطبع سنة 1704 كملحق لكتابه عن البصريات «Opticks». وفي كتابه الأخير هذا صرّح بما يلي:

« لا اعتبر المقادير الرياضية وكأنها تتألف من اجزاء متناهية الصغر، بل وكانها مرسومة بحركة دائمة. والخطوط لا ترسم وتتولد لا بفعل تراكم اجزائها، بل بفعل الحركة الدائمة للنقط، والمساحات بفعل حركة الخطوط، والاحجام بفعل حركة السطوح او المساحات؛ والزوايا بفعل دوران الاضلاع. اما الزمن فهو وليد تيار دائم. واعتبر اذاً ان الابعاد التي تنمو في ازمنة متساوية هي اكبر او اصغر بحسب ما اذا كانت تنمو بفعل سرعة اكبر او اصغر، واني افتش عن طريقة من اجل تحديد الابعاد سنداً لسرعات الحركات او التزايد الذي يولدها. وسميت دفعات (Fluxions) او تدفقات سرعات هذه الحركات او التزايدات، في حين سميت المقادير المولّدة « متدفقة »، وقعت، في حوالي السنتين 1665 – 1666، على طريقة التدفقات التي سوف استعملها في تربيع المنحنيات ».

اذا افترضنا x القيمة المدروسة، المتدفقة فان تدفقه يمثل بـ $\dot{x}$، واذا كان المتغير المستقل، الزمن في الصورة الفيزيائية المعتمدة من قبل نيوتن Newton، له عزم، او تزايد متناهي الصغر (صفر) فعزم x يكون $(\dot{x}\,0)$. وهكذا يبدو التدفق النيوتني تماماً كمشتقنا الحاضر. وتدفق التدفق يرمز اليه بـ $\ddot{x}$، الخ.

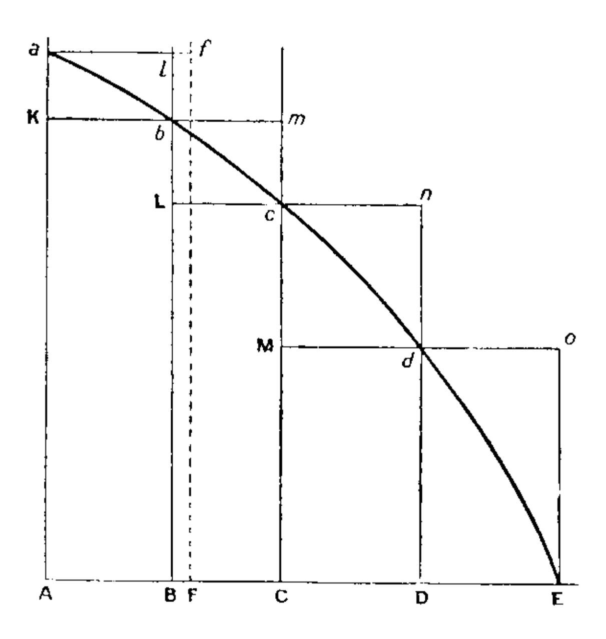
والمقدار الذي يقبل بـ x كتدفق تكون متدفقته هكذا $[x]$ او x' او x ولوغاريتم حساب التدفقات يرتكز على البحث عن تدفق حاصل الضرب. واستنتج نيوتن من ذلك مثلاً، في المقدمة اللوغاريثمية II، كتاب II من « البرانسيبيا » Principia (المبادىء) ان التدفق الناتج عن: $A^m B^n C^p$ هو: $maA^{m-1}B^nC^p + nbA^mB^{n-1}C^p + pcA^mB^nC^{p-1}$

إذا كانت a وb وc هي تدفقات A وB وC وهذا مهما كانت الأسّات m وn وp صحيحة أم كسرية، إيجابية أم سلبية.

وافكار نيوتن Newton في عمقها قريبة نوعاً ما من افكار ليبنيز Leibniz. الا ان عرضه، وان لم يصل الى الدقة الحالية، يبدو اكثر حذراً من عرض منافسه. انه يوضح تصوراته، دون ان يدخل ملاحظاته، في مطلع (المبادىء) ضمن ما يسميه « منهج الاسباب الاولى والاخيرة ». فهو يعلن ويقرر المقدمات اللوغاريثمية التالية (وبعض تعابيرها فقط ابدلت وحدثت):

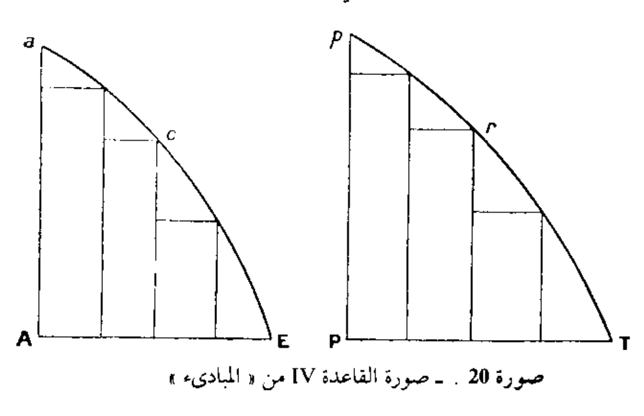
القاعدة I ـ ان الكميات او علاقات الكميات التي تنزع بصورة دائمة الى التساوي في زمن متناهٍ، والتي قبل نهاية هذا الوقت، تقترب اكثر، قرباً ينفي عنها كل فرق معلوم، هي في النهاية متساوية.

وان انكر احد ذلك، وقال انها غير متساوية، وان فرقها الاخير هو D، فإنها لا تقترب من التساوي اكثر من الفرق D، وهذا ينافي الطرح.



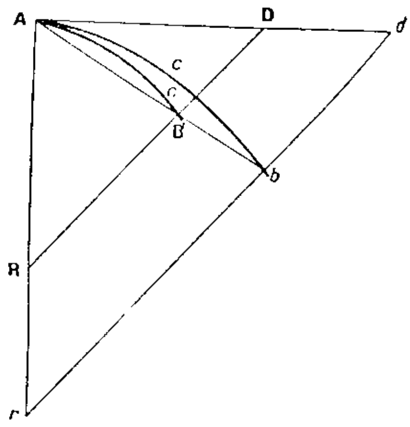
صورة 19 ـ صورة القاعدة II من « مبادىء » نيوتن

القاعدة II ـ إذا رسمت ضمن رسمة ما (Aa cE) واقعة بين المستقيم Aa وAE والمنحني a b E، متوازيات عدة Ab وBc وCd . . . ذات قواعد متساوية AB وBC وCD وDE واضلاعها Bb وCc و Dd الخ . موازية للضلع Aa من الرسمة ، وان أكملنا متوازيات الأضلاع aKbl وbLcm وcMdn الخ ، ثم إذا كانت قواعد المتوازيات أخذت تتناقص الى ما لا نهاية في حين أخذت أعداد تتزايد الى ما لا نهاية ، أقول أن العلاقات الأخيرة القائمة بين الرسمة المدموجة AKbLcMdD والرسمة الداجة AaIbmcndo والخط المقعر AabcdE هي علاقات مساواة (الصورة 19)



صورة 20 . ـ صورة القاعدة IV من « المبادىء »

لان الفرق بين الصورة المدموجة والصورة الداجة هـو مجمـوع المتوازيات Kl، وLm وDo اي، بما ان كل القاعدات متساوية ، فان المستطيل الاساس Kb، ذا الارتفاع المكون من مجموع الارتفاعات Aa، هو المستطيل ABla، ولكن هذا المستطيل ، ذا القاعدة AB التي تتناقص باستمرار، هو اصغر من كل مستطيل معين . وإذن ، بموجب القاعدة 1 ، تكون الرسمات الداخلة والمحيطة ، وبصورة أولى الرسمة المحدودبة الوسيطة متساوية في النهاية » .



صورة 21 . ـ صورة القاعدة VII من « المبادىء »

القاعدة III ان «نفس الروابط هي في النهاية روابط تساو حتى ولو كانت قواعد متوازي الاضلاع (AB. BC,CD) الخ غير متساوية وتتناقص بدون حد. نفترض بهذا الشأن AF تساوي القاعدة الاكبر ونفترض اكمال متوازي الاضلاع (FAaf). ان هذا الاخير اعلى من الفرق بين الرسمات الداخلة والرسمات الخارجة (بالنسبة الى الدائرة)، وقاعدته AF تتناقص باستمرار، فهو اصغر من كل مستطيل معين». ويلي ذلك بعض اللزوميات او النتائج الطبيعيات .

القاعدة IV - اذا تضمن شكلان AacE وPprT سلسلتين من متوازيات الاضلاع بنفس العدد، وانه عندما تتضاءل القاعدات الى اللانهاية ، فان النسب الاخيرة فيها بين متوازيات احدى السلسلتين ، مع مقابلاتها في الاخرى، تكون متساوية فيها بينها ، واقول ان الشكلين او الرسمتين AacE وPprT هما فيما بينهما بنفس هذه النسبة» (صورة 20) .

ونحن لا نورد التبيين القصير جداً ، فالقاعدة الخامسة تؤكد، بدون اثبات، انه في رسمتين متماثلتين، تكون الاطوال المتوافقة ، مستقيمات او منحنيات، متناسبة، في حين ان المساحات تكون فيها بينها بنسبة مضاعفة لنسبة الاطوال . والقاعدة 6 تصرح بان زاوية المماس لمنحنٍ، ولوتر متلاشٍ ، هي بذاتها متلاشية ، وإلا لما كان للخط في النقطة المعتبرة انحناء متتابع .

القاعدة VII-«بعد وضع هذا، اقول ان النسبة الاخيرة بين القوس والوتر والمماس ، فيما بينها هي نسبة مساواة . اذ بينما تقترب B من النقطة A، نتخيل AB وAD ممدودين حتى bd، في حين يظل القاطع BD موازياً لـ bd. نجر القوس Acb مشابهاً دائماً للقوس ACB. وعندما تطابق النقطة A والنقطة B فان الزاوية : dAb، سنداً للقاعدة السابقة ، تتلاشى ، والمستقيمان المتناهيان Ab وAd والقوس الوسط Acb تتوافق فيما بينها واذاً تكون متساوية . ولهذا يكون المستقيم AB وAD، والقوس AcB، المتناهية والمتناسبة معها ، ذات صلات تنتهي عند المساواة .

هذه الامثلة تبين طريقة «الاسباب الاولى والأخيرة» التي وضعها نيوتن في مطلع كتابه المبادىء ، حتى يتجنب طريقة القدماء الثقيلة والدقيقة ، مع عدم استعماله اللامنقسمات التي قال بها كافاليري Cavalieri. وهذه الطريقة الاخيرة، «ضعيفة الجيومترية» و«صعبة التصديق» .

نلاحظ مع ذلك ان نيوتن Newton ظل اميناً في المبادىء ، عند تحديد جاذبية الكرة مثلاً على جسيم صغير، ظل اميناً للتجميع المباشر عند حساب متكامل معين. بل انه استعمل لغة شبيهة بلغة اللامنقسمات . ذلك انه اعتبر نفسه مُخولاً استعمال قواعده. ورغم رهافة هذه الاساليب النادرة ، فقد ظلت تعتبر لمدة طويلة معيبة في عمل العالم الكبير. الا ان شال Chasles دافع عنها في كتابه «نظرة تاريخية» مؤمناً بحق في تفوق بعض الاساليب الهندسية المباشرة على الاساليب التحليلية واليوم يمكن تكريم نيوتن كسباق في الحساب التوجهي وفي الجيومترية اللامتناهية الصغر والمباشرة .

ليبنز - Leibniz نترك الفيلسوف الكبير والرياضي يتكلم. كتب في رسالة وجهها الى جاك برنولي Jacques Bernoulli في (نيسان 1703): «عندما جئت الى باريس 1672 كنت جيومترياً تعلمت على نفسي، انما قليل التجربة . ينقصني الصبر في مراجعة البيانات الطويلة. وحينما كنت طفلاً

درست الجبر الابتدائي على شخص اسمه لونزيوس Lanzius، ثم درست كلافيوس Clavius؛ اما جبر ديكارت Descartes فقد بدا لي صعباً جداً. وبدا لي اني امتلأت بثقة فيها جرأة بنفسي. فقد كنت اتجرأ على مطالعة كتب اعمق مثل كتاب الهندسة لكافاليري Cavalieri، وكتاب عناصر الخطوط المقوسة للمؤلف ليوتود Léotaud، بعد ان عثرت عليه عرضا في نورنبرغ Nuremberg. واردت ان اسبح لوحدي بدون معلم. . . وضعت لنفسي عندها حساباً هندسيا يعبر عن المتغيِّرات، بمربعات ومكعبات، دون ان اعلم ان فيات Viète وديكارت Descartes قد عالجا هذه المسألة بافضل مني.
وفي هذا الجهل الكبير للرياضيات، لم اركز انتباهي الا على التاريخ والحقوق، مكرساً نفسي لدراستها. الا ان الرياضيات كانت تعطيني تسلية الذ. فقد كنت احب بصورة خاصة تعلم الالات والتعرف عليها واختراعها. وفي هذه الحقبة اكتشفت آلتي الحسابية. وفي هذا الوقت ايضا قدم لي هويجن Huygensالذي اعتقد، حسب ظني، أني أكثر قدرة مما أنا عليه، نسخة صدرت حديثاً عن «الرقاص». وكان في هذا بالنسبة الى بداية او فرصة لدرس جيومتري اكثر عمقاً. وفيما كنا نتحدث، بين لي انني لا امتلك فكرة واضحة عن مركز الثقل النوعي؛ وفسر لي ذلك بكلمات قليلة واضاف ان دتيونفيل Dettonville اي (باسكال Pascal) قد احسن معالجة هذه المسألة. ولما كنت انساناً مطيعاً الى اقصى حد، وانني في اغلب الاحيان، وفي ضوء بعض الكلمات من رجل عظيم، استمددت موضوع تأملات لا تنتسى، ادركت بسرعة قيمة نصائح الرياضي الكبير، لأنه سهل علي ان ارى كم كان هويجن Huygens عظيماً. وخجلت من جهلي هذا الشيء واردت بجدية دراسة الجيومترية، وطلبت دتونفيل Dettonville الى بيو Buot وكذلك غريغوار سان فنسان Grégoire de Saint – Vincent الذي كان موجوداً في المكتبة الملكية. وبدون تأخير درست هذه الكتب وهذه الزوايا التي اخترعها فنسان Vincent واكملها بسكال Pascal. ورأيت بلذة هذه الملخصات والمجاميع، والمجسمات التي تنشأ عنها، وتبياناتها. كل ذلك كان يعطيني الانس اكثر مما كان يعطيني من الانتاج. وكنت على هذه الحال عندما وقعت صدفة على بيان دتونفيل Dettonville، السهل جداً في مجاله. . . ولكن كم كانت دهشتي أن أرى أن باسكال Pascal وكأنه مغمض العينين بقدرة قادر: لأني رأيت حالاً ان قاعدته يمكن أن تطبق عموماً على كل المنحنيات، رغم أن العواميد لا تلتقي عند نقطة واحدة.

وذهبت في الحال الى هويجن Huygens الذي لم اكن قد رأيته منذ زمن وقلت له اني اتبعت نصائحه، واني اهتديت الى شيء جهله باسكال Pascal وعرضت عليه قاعدتي العامة حول تقويم المنحنيات. فأظهر العجب وقال لي ان هذه هي بالضبط النظرية التي ارتكزت عليها بناءاته لايجاد مساحات الكونوييد البارابولي الاهليلجي والايبربولي. واضاف ان روبرفال Roberval وبوليو Bouillau قد عجزا عن اكتشافها. وبعد ان امتدح تقدمي. . . . اقترح عليّ ان ارجع الى ديكارت Descartesوسلوز Sluse اللذين يعلمان أسلوب وضع المعادلات المحلية، وهذا برأيه مريح للغاية. وإذا فقدت عدت الى تمحيص كتاب الجيومتريا لديكارت Descartesوأضفت اليه كتاب سلوزSluse، متخصصاً في الجيومتريا من خلال باب الخروج. وقد حفزني النجاح والكمية الرائعة من المواد التي

اخذت تتولد امام عيني. وكتبت بذات السنة بضع مئات من الصفحات، وقسمت عملي الى قسمين، القابلة للتخصيص وغير القابلة للتخصيص او المعينة وغير القابلة للتعيين. في المعينات الحقت كل ما اشتققته من المصادر التي استقى منها كافاليري Cavalieri وغولدين Guldin وتوريشلي Torricelli وغريغوار سان فانسان Grégoire de Saint – Vincent وباسكال Pascal، مقتطفات المقتطفات او مجاميع المجاميع، والانتقالات.. والاسطوانات المبتورة... أما غير المعينة فألحقت بها كل ما حصلت عليه من استعمال هذا المثلث الذي سميته بعد ذلك المميز؛ واستخرجت اشياء اخرى مماثلة. وبدا لي ان هويجن Huygens وواليس Wallis كانت لهما الاسبقية بالفكرة الأولى. وبعد ذلك بقليل، وقع بين يدي جيومتريا جيمس غريغوري James Gregory. فرأيت فيه نفس الفن(وان كان غامضاً بفعل تبيانه وفقاً للاسلوب القديم)؛ واخيراً قرأت بارو Barrow، ووجدت فيه مختصراً للقسم الاعظم من قواعدي. ولم اتأثر لاني رأيت في ذلك لعبة، حتى بالنسبة الى جديد، تعلم هذه المعلومات وحذقها مرة واحدة. ثم رأيت انه توجد اشياء اعلى ايضاً، ولكن من اجل تفسيرها، لا بد من طريقة جديدة في الحساب. وعندها صنعت تربيعي الحسابي واشياء اخرى مشابهة استقبلها الفرنسيون والانكليز بحماس. ولكني لم اجد هذا العمل جديراً بالنشر. لقد شبعت من هذه السخافات، عندما رأيت المحيط ينكشف امامي. وتعرف جيداً كيف حصلت الاشياء فيما بعد ورسائلي التي نشرها الانكليز بانفسهم خير دليل على ذلك».

وبمقدار ما كان ليبنز Leibniz تلميذاً لأي أحد فهو قبل كل شيء تلميذ هويجن Huygens الذي سدد خطواته الأولى وهو بقراءته تلميذ كل الجيل الذي سبقه انه تلميذ كافاليري Cavalieri كما هو تلميذ غريغوار سان فانسان Grégoire de Saint_Vincent، وتلميذ ديكارت Descartes وسلوز Sluse، وباسكال Pascal وغريغوري Gregory وبارو Barrow. والكاتب الوحيد الذي خلص منه في تلك الحقبة هو فرمات Fermat. ولكن هويجن Huygens امشبع بأفكار فرمات Fermat كما هو مشبع بأفكار ديكارت Descartes أو غاليليه Galilée.

ومهما يكن من امر، استخرج ليبنز Leibniz بوضوح مبادىء الحساب التفاضلي، واوجد ترقيماً ممتازاً (وقد كان هويجن Huygens ترقيم فيما خص متناهيات الصغر من الدرجة الاولى، ولكنه لم ينشر ترقيمه). وعرض ليبنز اللوغاريثم المقابل، وحدد هوية المسألة المعكوسة للمماسات وماهاها مع مسألة التكامل. وبهذه الطريقة تم تأسيس الحساب التكاملي والتفاضلي.

عرضت افكار ومفاهيم ليبنز Leibniz في مذكرتين نوفا ميتوديس Nova methodus.. (اكتااريدوتوروم 1684 Acta eruditorum) و« جيومتريا ريكونديتا De geometria recondita... (اكتاريدوتوروم، Actaeruditorum 1686).

ونجد في الكتاب الاول الطريقة لتفريق كل نوع من الكميات العقلانية الجذرية، وغير الجذرية، الكاملة او الكسرية. وطبق ليبنز Leibniz طريقته على مسألة فرمات Fermat حول مسار شعاع ضوئي بين مكانين مختلفين، واثبت ان منحنى ديبوم de Beaume ينقلب الى اللوغاريثمية. وفي الكتاب الثاني عرض القواعد الاساسية لحساب التكامل.

ولكن بعد 1675، كما تذكر اوراقه اصبحت ترقيماته ومبادئه ناجزة. وفي رسالة الى الاب كونتي Conti، كتب يقول :

« كنت جديداً على هذه المواد، ولكني سرعان ما اكتشفت طريقتي العامة من خلال سلاسل عشوائية، وأخيراً دخلت في حساباتي التفاضلية، حيث ساعدتني ملاحظاتي أثناء صغري حول الفروقات بين سلاسل الأرقام على فتح عيني . لأني لم أصل عن طريق تشابك الخطوط ، بل عن طريق الفروقات بين الأعداد ، باعتبار أن هذه الفروقات إذا طبقت على المقادير التي تتزايد باستمرار ، تتلاشى اذا قورنت بالمقادير المختلفة بدلاً من ان تبقى ضمن الاعداد (لان الاعداد تقفز او تنقص بقفزات) . واعتقد ان هذه الطريقة هي الاكثر تحليلاً، ذلك ان الحساب الجيومتري للفروقات والذي هو نفس حساب التدفقات لم يكن الا حالة خاصة في الحساب التحليلي للارقام عموماً . وهذه الحالة الخاصة تصبح اكثر سهولة بفعل التلاشي » .

وربما كان كتاب ليبنز الى جان برنولي Jean Bernoulli اكثر تعبيراً عن اسلوبه فقد كتب له جان برنولي يخبره عن اكتشاف سلسلة، ليست في عمقها الا كتابة اخرى لسلسلة تايلور. وقد عرض برنولي في رسالته سلسلة حصل عليها بواسطة طريقة قريبة من التكامل بالاجزاء وفيها :

$$\mathrm{I}n\,dz = nz - \frac{1}{1.2}\,zz\,\frac{dn}{dz} + \frac{1}{1.2.3}\,z^3\,\frac{ddn}{dz^2} - \frac{1}{1.2.3.4}\,z^4\,\frac{dddn}{dz^3}\ \text{etc.}$$

وبين 6 — 16 كانون اول 1694 اجابه ليبنيز بانه تأمل في باريس، اعمال دتونفيل .

نفترض سلسلة متناقصة : $a, b, c, d,$ etc.
إن فروقاتها الأولى هي : $e, f, g, h,$ etc.
وفروقاتها الثانية : $l, m, n, o,$ etc.
وفروقاتها الثالثة : $p, q, r, s,$ etc.
وفروقاتها الرابعة : $t, u, v, x,$ etc.
وفروقاتها الخامسة : $\beta, \gamma, \delta, \theta,$ etc.

$$a = e + f + g + h, \text{ etc.} = 1\,l + 2\,m + 3\,n + 4\,o, \text{ etc.}$$
$$= 1\,p + 3\,q + 6\,r + 10\,s, \text{ etc.} = 1\,t + 4\,u + 10\,v + 20\,x, \text{ etc.}$$

ومن جهة اخرى :

$$e = e\,;\, f = 1\,e - 1\,l\,;\, g = 1\,e - 2\,l + 1\,p\,;\, h = 1\,e - 3\,l + 3\,p - 1\,t,$$

وهكذا دواليك .

فاذا وضعت هذه القيم في : $a = e + f + g + h$, etc., يأتي :

$$\begin{aligned} a = {} & 1\,e \\ & 1\,e - 1\,l \\ & 1\,e - 2\,l + 1\,p \\ & 1\,e - 3\,l + 3\,p - 1\,t \\ & 1\,e - 4\,l + 6\,p - 4\,t + 1\,\beta \\ & \quad \text{etc.} \end{aligned}$$

ولكن في الحساب التفاضلي نضع y بدلاً من a ، وبدلاً من e، l، p، t، β نضع fy ، ddy ، d^3y ، d^4y ، d^5y ، الخ .

بدلاً من الوحدة نضع dx بشكل يكون معه :

$$1 + 1 + 1 + 1 \ldots = x;\ 1 + 2 + 3 + 4 \ldots = \int x;$$

$$1 + 3 + 6 + 10 \ldots = \int\int x, \text{ etc.}$$

فنحصل على :

$$y = dy.x - ddy \int x + d^3y \int\int x - d^4y \int\int\int x, \text{ etc.}$$

ولكن :

$$\int x = \frac{1}{1.2} xx;\ \int^2 x = \frac{1}{1.2.3} x^3;\ \int^3 x = \frac{1}{1.2.3.4} x^4, \text{ etc.,}$$

ومنها بعد اعادة الانسجام :

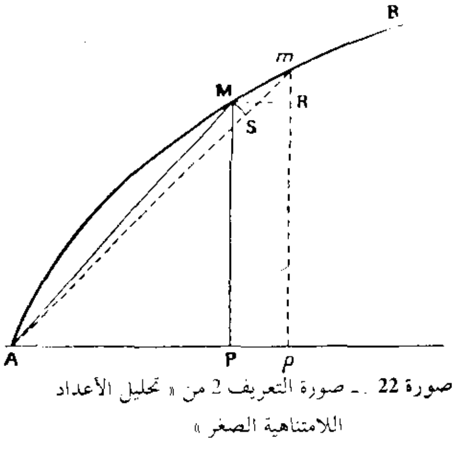
$$y = \frac{1}{1} x \frac{dy}{dx} - \frac{1}{1.2} xx \frac{ddy}{dx^2} + \frac{1}{1.2.3} x^3 \frac{d^3y}{dx^3} \text{ etc.} »$$

ولتوضيح المظهر النهائي تقريباً لمفاهيم ليبنيز Leibniz بخصوص الحساب التفاضلي، سنأخذ بعض المقاطع من « تحليل الاعداد المتناهية الصغر » للمركيز دي لوبيتال . وبدا الكتاب الذي نشر سنة 1696 واضحاً جداً ، فقد عرض مبادىء هذا الحساب، كما قال بها جان برنولي Jean Bernoulli الذي علمها للمركيز سنة 1691 .

تعريف 1 ـ نسمي كميات « ما بأنها » متغيرات » تلك التي تتزايد او تتناقص باستمرار. وبالعكس نسمي كميات « ثابتات = ثوابت » تلك التي تبقى هي هي في حين تتغير الكميات الاخرى حولها . من ذلك انه في البارابول تكون المطبّقات (الصاديات) والمقطوعات (السينيات) كميات متغيرة في حين ان البارامتر هو كمية ثابتة .

تعريف2 ـ والجزء المتناهي الصغر الذي يزيد او ينقص في كمية متغيرة ، وباستمرار يسمى « الفرق » .

نفترض مثلاً خطاً منحنياً AMB له محور او قطر الخط AP، وأخذ مطبقاته المستقيم PM، ونفترض وجود مطبق آخر pm متناهي القرب من الاول. بعد هذا الطرح، ان سحبنا الخط MR موازياً لـ AP والوترين AM وAm ، ثم نوصل من المركز A والفرجة AM، القوس الصغير الدائري MS : يكون Pp هو فرق AP وRm فرق PM وSm فرق AM وMm فرق القوس AM. ويكون المثلث الصغير MAm وقاعدته القوس Mm، فرق القسم AM وتكون الفسحة الصغيرة MPpm فرق



صورة 22 ـ صورة التعريف 2 من « تحليل الأعداد اللامتناهية الصغر »

الفسحة الواقعة بين المستقيمين AP وPM والقوس AM. (صورة 22) .

المسلَّمة 1 ـ من المؤكد ان الفرق في كمية ثابتة معدوم أو يساوي صفراً(أو أيضاً) ان الكميات الثابتة ليس لها فرق .

تنبيـــه ـ نستخدم فيما بعد الإشارة او الميزة d للتدليل على فرق كمية متغيرة نعبر عنها بحرف واحد. ولتفادي الابهام فان هذه الملاحظة ليس لها استعمال آخر في تتمة الحساب هذا. وان سمينا مثلاً المتغيرات : x,AP; PM, y, z,AM; وسمينا القوس AM، u، والفسحة الواقعة بين الخطوط s,AMP، والقطعة الوتر t,AM: عندها تعبر dx عن قيمة Pp وdy عن قيمة Rm وdz عن القيمة Sm وdu عن قيمة القوس الصغير Mm وds عن الفسحة الصغيرة MPpm وdt عن المثلث الصغير MAm.

I ـ المطلوب او الافتراض ـ المطلوب امكانيـة تبادل ، دون فـرق، كميتين لا تختلفـان فيما بينهما ، الا بفارق متناهي الصغر : او (**ما يعني الشيء نفسه**)؛ بكمية لا تـزاد ولا تنقص الا بكمية اخرى متناهية الصغر بحيث تظل الاولى تعتبر وكانها هي . يُطلب، مثلاً، اذا كان بالامكان اخذ Ap مكان AP وpm مكان PM والفسحة Apm وكانت الفسحةAPM ،والفسحة الصغيرة MPpm مكان المستطيل الصغير PMpR والقطعة AMm مكان المثلث الصغير AMS والزاوية mAp مكان الزاوية MAP ، الخ .

II ـ مطلب او افتراض ـ المطلوب امكانية اعتبار خط ما وكانه تجمع عدد لامتناهٍ من الخـطوط المستقيمة ، كل واحدٍ منها متناهي الصغر (او ما يعود الى نفس الشيء)كـأنـــه متعـدد الأضــلاع ، ذو اضلاع لا متناهية العدد، كل ضلع منها متناهي الصغر، وهذه الخطوط تشكـل ، عن طريق الـزوايا الموجودة بينها ، انحناء الخط . ويطلب على سبيل المثال، ان يكـون الجـــزء من المنحني Mm وقـوس الدائرة MS معتبرين كخطوط مستقيمـة بسبب تناهي صغـرهمـا،بحيث يكـون المثلث mSM وكأنـه مستقيم » .

الملفت بالدرجة الاولى هو السمة الملموسة والجيومترية ، لهذا التصور الاول للحساب التفاضلي ولم يكن ليبنيز Leibniz قد توصل بعد الى استخراج المفهوم المجرد للوظيفة (العلاقة). وقد توصل اليه بعد ذلك بقليل مع جان برنولي Jean Bernoulli، وكان هذا احد اجمل عناوين مجدهما . رغم ميل البعض الى تناسي هذا الامر .

ونلاحظ فيما بعد الطلاقة في عرض المطالب. فالجيل السابق قد اوضـح ورتب كل هـذا ، بشكل صالح في أغلب الأحيان ، ولكنه تردد أمام التأكيد العام المطلق . وبالنسبـة لليبنز نجـدنا في مواجهة وقائع مكينة بما فيه الكفاية بحيث يمكن اخذها كنقاط انطلاق دون الاضطراب حول تبريرها الذي يتم بصورة لاحقة ، من خلال نجاح المنهج

وقد اقر ليبنز Leibniz في اول الامر مجاميع وحاصلات ضرب وقسمة . ففيما خص حاصلات الضرب تم وضع :

$$(x + dx)\ (y + dy) - xy = ydx + xdy + dxdy$$

ثم لا يحتفظ الا بالحدين الاولين اذ كما يقول لوبيتال L'Hôpital، dxdy هي كمية متناهية الصغر بالنسبة الى بقية الحدود او العناصر . ومن اجل التفريق بين حاصل قسمة $x : y = z$ ؛ يفترض $x = yz$ ومنه : $dx = zdy + ydz;\quad dz = \dfrac{dx - zdy}{y} = \dfrac{ydx - xdy}{y^2}$

وكذلك تفرق المثقلات x^m وفيها يكون m غير محدد .

ويتوقف الغوريتم الحساب التفاضلي هنا . وهذا يكفي لرسم المماسات ، مماسات المنحنيات ، ثم العثور على الحدود القصوى والدنيا وعلى نقاط الانثناء او الارتداد ، والتراجعات ، وعلى المتطورات ، وعلى سطوح الاحراق بفضل الانعكاس ، وعلى التكسر وعلى الغلافات .

ونشير فقط الى تعريف الفروقات ذات المراتب العليا : « يسمى القسم او الحصة المتناهية الصغر التي يتزايد فرقها بالنسبة الى كمية متغيرة ، او يتناقص باستمرار ، « فرق الفرق » بالنسبة الى هذه الكمية او يسمى فرقها الثاني » . وهي تحمل عنوان او رمز ddx ، اما الفرق الثالث فيسمى dddx او d^3x الخ .

ومنذ بدأ ليبنز Leibniz في البحث ، حدد ماهية المسألة المعكوسة ، مسألة المماسات ، وسواها بالتربيع او بالتكامل . وتصوره او مفهومه للحساب التفاضلي ، جره الى هذا مباشرة . اما مسألة المماسات فقد جرته الى مراقبة « المثلث المميز » الذي تتألف ضلوعه الثلاثة من فروقات : فرق السينية dx ، وفرق الصادية dy ، وفرق القوس ds . أما المسألة المعكوسة فتقوم على الصعود من الفروقات الى العلاقات (Fonctions = دالات) . ولكن العملية المعاكسة في البحث عن الفروقات هي عملية المجاميع .

كتب يقول : « هذه الطريقة او الحساب التفاضلي ، يستخدم في الفروقات كما يستخدم في المجاميع التي هي عكس هذه الفروقات تقريباً ، كما ان الحساب العادي لا يستخدم فقط في المثقلات بل يستخدم ايضاً في الجذور التي هي عكس المثقلات (Puissances) » .

وكتب لوبيتال L'Hôpital بنفس المعنى : « قاعدة : ـ اذا كان هناك عدد ما من الكميات a،b،c،d،e الخ . سواء كان هذا العدد متناهياً او لا متناهياً ، وسواء كانت هذه الكميات خطوطاً أم مساحات أم مجسمات ، فالمجموع : a− b+ b−c+ c−d −e الخ ، المؤلف من فروقات هذه الكميات يساوي الكمية الكبرى a - الكمية الصغرى e ، او يساوي ببساطة اكبرها ، عندما تكون الصغرى صفراً . وهذا أمر واضح » . (تحليل الكميات المتناهية الصغر مادة 96) .

ولكن التجميع او الحساب التجميعي هو طريقة اللامنقسمات لدى الاجيال السابقة ، وهو ايضاً

حساب المساحات والاحجام. ولكن تطور الافكار برز بوضوح عندما فضل جاك برنولي Jacques Bernoulli، حوالي سنة 1690، استعمال عبارة «الحساب التكاملي»، وذلك لكي يبين انه في هذا الحساب، يتم البحث عن الكل انطلاقاً من الفرق أو من القسم. وهذا يعني تقديم مسألة المماسات المعكوسة على مسألة التربيع. فضلا عن ذلك يبدو التفريق في نظر ليبنزLeibniz وكأنه العملية الاولية، والابسط، والممكنة دائماً، ذلك ان التكامل لا يمكن ان يحصل بصورة دائمة.

«... بما انه من غير الممكن دائماً استخراج الجذور فعلياً من اجل الوصول الى المقادير الجذرية في الحساب العام، فانه من غير الممكن كذلك اعطاء المجاميع او التربيعات من اجل التوصل الى المقادير العادية او الجبرية في التحليل المشترك. ولكن عن طريق السلاسل غير المتناهية يمكن دائماً التعبير عن مقادير مكسورة كما هو الحال بالنسبة إلى الأعداد الصحيحة، والتعبير عن المقادير التي لا يمكن حصرها، بالجذريات، والتعبير عن المقادير التجاوزية بالمقادير العادية».

واسلوب التكامل لم يعد هو الجمع المباشر، بل اسلوب «اجمالي شامل» بحسب تعبير جورج بوليغان G.Bouligand، ويستنتج من جدول بالفروقات، محسوبة مباشرة، بعد القراءة المباشرة، جدول للمتكاملات. وتتيح التغيرات الجبرية المستوحاة من اساليب ديوفانت Diophantiennes، وذلك في الحالات المناسبة، إرجساع حسابات المتكاملات المقترحة، إلى قراءة هذا الجدول. وعندما لا تنجح التلمسات وفقاً لهذه الطريقة، تغير الدالة او العلاقة المقترحة الى سلسلة كاملة يتيح الجدول دمجها حداً حداً او عنصراً عنصراً. وعلى هذا وبخلال القرن الثامن عشر انتقل التجميع المباشر، اكثر فاكثر الى المرتبة الثانية، اذ ان تكامل الرياضيات في تلك الحقبة كان بصورة ادق دالتنا الأصل.

ومن الغرابة ان ترقيم ليبنز، $\int f(x)dx$، بقي معمولاً به وهو ترقيم يذكر، بالمناسبة بالتجميع المباشر لعدد غير محدود من اعداد لا متناهية الصغر.

ومن اجل تمييز مدرسة ليبنز باختصار نقول ان الرياضيين الذين شكلوها يستعملون بمهارة ألغوريتم شديد الايحاء، وهم يأخذون بالمقارنات وكذلك بالايحاءات التي يُوحي بها هذا الألغوريتم. وظهرت الطريقة خصبة جداً ولكن اسسها تحتاج الى اعادة نظر جدية. تألفت المدرسة على يد مؤسسها ليبنز من جاك برنولي وجان برنولي ومن لوبيتال. وقد مكن فكر ليبنز التبشيري - ثم استخدامه لمجلته «اكتاايروديتورم»، وغزارة وخصب الاخوين برنولي، واناقة نثر لوبتيال، - هذه المدرسة من ان يكون لها تأثير كبير على الفكر الرياضي.

وبالاجمال يعتبر نيوتن وليبنز المخترعين للتحليل المتناهي الصغر الحديث. وقد غرفا معاً مباشرة من معارف الجيل السابق. ولكن الرغبة في الدقة غلبت على نيوتن. واوجد ليبنز الترقيم التفارقي او التفاضلي: $dx, d^2x, d^3x....$، وهو ترقيم ايحائي من بعض الجوانب، وقد ساد خلال القرن الثامن عشر. الا ان ترقيم نيوتن حيث يلعب منهج التفاضل دوراً اساسياً، هو الاقرب الى ترقيمات وقتنا الحاضر.

لقد اعطى ليبنز للمتكاملة الترقيم التالي $\int f(x)dx$ الذي يذكّر بالحساب المباشر عن طريق الجمع وهو حساب الاقدمين ، كما يذكر بمنهج اللامنقسمات . .ولكن الامر يتعلق، كما تـذكر بـذلك كلمـة تكامل ـ بما نسميه بدائية ، او دالة يجب تحديدها بعد ان عرف تفاضلها، وهذا بالضبط مماثل تماماً ، لما هو عند نيوتن [x] التي تساوى الدافقة Fluente التي يساوي دفقها x .

والطريقتان تستخرجان من الجيومتريا فتنتهيان الى التحليل المجرد في القرن الثامن عشر، والذي ساد فوق القارة، حتى قيام مدرسة مونج .

لقد طغى على حساب ليبنز، وكذلك على حساب نيوتـن المسـار الهندسي. ولم يتحـرر منه الا بصورة تدريجية. واخيراً يستعمل المخترعان السلاسل في تكاملاتها بصورة منهجية .

وقد استعمل نيـوتـن مناهجه ، سواء في مظهرها التحليلي ام في مظهرها الهندسي، من اجل حل المسائل الفيزيائية الرياضية والفلكية . وقد وسع ليبنز والاخوان برنولي المسألة المعكوسة في المماسـات واستخرجوا منها حل المعادلات التفارقية او التفاضلية .

ومتابعة دراستنا تقتضي مباشرة مرحلة جديدة هي القرن الثامن عشر . وقـد فتحها الخصمـان الكبيران ، كما أغلقا بالتمجيد تاريخ الرياضيات في عصر يستحق هنا كما في مجالات اخرى بان يلقب بالقرن العظيم .

الفصل الثاني :
ولادة علم جديد : الميكانيك

في فجر القرن السابع عشر اثار علم الميكانيك بحوثاً سوف تساعد على تكوينه بخلال القرنين اللاحقين كعلم حق. نمط من بناء عقلاني لظاهرات خاصة، أو نموذج سوف يستخدم لسلاسل اخرى من الظاهرات . هذا العلم الجديد رأى النور مع غاليليه وتضمن بصورة اساسية ، مع قوانين سقوط الاجسام ، حل مسألة حركة القذيفة في حال انعدام المقاومة في الوسط . والمسألة وحلولها كانت اساسية لاكتشاف منهجية علمية حقاً ، ولكن، عند البحث عن لغة جديدة مناسبة ، كان العلم الجديد ما يزال ضعيفاً : ومن الجدير توضيح قواعده الاولى ، ومفاهيمه ومبادئه ، ثم تفسير قوانينه العامة . ثم تطبيقها على انظمة النقط وعلى الاجسام الجامدة ، ثم توسيعها لتشمل حركة الاجرام السماوية ثم من اجل خلق ميكانيك في الاوساط المتتابعة المستمرة بواسطة الهيدروديناميك او التحريك السوائلي. تلك كانت مهمة القرن 17 والقرن 18. مهمات ضخمة لا نستطيع نحن الا رسم خطوطها الكبرى[1] .

I ـ غاليليه وتأثيره

ان الهدف الاول من هذه الدراسة هو تبيان العناصر الرئيسية لعمل غاليليه في الميكانيك .

ان التحليل الذي قام به أ. كويري A.Koyré لكتاب : « موتوليبري X « De motu Libri X لمؤلفه ف. بونامیکو F.Bonamico، استاذ الفلسفة في بيزا Pisa، يوم كان غاليليه يدرس فيها، يتيح فهم المناخ المشبع بالمدرسية ، والذي اتصل فيه غاليليه بالعلم . وكتبه الاولى، وبصورة خاصة دراسة لكتاب « دي موتو » De motu مكتوبة في بيزا بين 1589 و1591 ، تحمل أثراً واضحاً لهذه المدرسية . أشار غاليليه الى الشبه ، بين الحديد البعيد عن النار ، والذي يعود بصورة تدريجية الى برودته الطبيعية وكذلك الى « الصفة الصوتية » التي يكتسبها الجرس المقروع ، والتي تنطفىء قليلاً

1 ـ لقد توفي ريني دوغاس Rene Dugas، مؤلف الفصول المتعلقة بالميكانيك في القرن 17وفي القرن 18، قبل ان ينتهي تماماً النص الذي كتبه، ولذلك تولى الاب كوستابل P.Costabel اكماله ، كما تولى مراجعته في الطبعة الثانية .

قليلاً وكأنها تصادم الصمت الطبيعي للجرس ، ويعتبر غاليليه الحركة كقوة مطبوعة تضعف بصورة تدريجية في القذيفة التي انفصلت عن محركها .

ولا يكفي ان نقول انه اعتمد لنشأة الكون صفات ومشابهات ضعيفة مأخوذة عن الفيزياء الارسطية . وهذا الاخذ لم يحط من قيمته بل بالعكس رفع منها . ولكي يراجع أحكامه ويكون نظرة جديدة تجاه المصاعب وتجاه التناقضات لم يكتفِ غاليليه بتتبع ايحاءات عبقريته بل اضطر الى مقاومة التكوين العلمي الذي نشأ عليه .

وكتابه « الحوار بين النظامين الرئيسين للعالم »، نظام بطليموس Ptolémée ونظام كوبرنيك Copernic، المنشور في فلورنسا سنة 1632 يدل على اكتمال الطريق الفكري الذي اجتازه غاليليه . كتب هذا الكتاب باللغة الدارجة بحيث يفهمه جمهور اوسع ما يكون ، وبالاسلوب الاجمل، اي بشكل حوار بين ثلاثة شخصيات اصبحت كلاسيكية : سمبليسيو وهو حامل التراث وسالفياتي Salviati المصلح الحاد، ثم ساغريدو Sagredo الرجل المثقف ذو الحس السليم المعتدل. ويهدف الكتاب بدون شك الى قيادة القارىء عبر مساعي المؤلف، لاقناعه بصورة جيدة. ولكنه لا يسمح بقياس كل تجارب فكرٍ ساعٍ الى الحقيقة . وهذا لا يمكن ان يكون الا نتيجة دراسة طويلة تناولت مصادر ثقافة واسعة جداً .

سقوط الاجسام ـ على فم سمبليسيو Simplicio اكد المدرسيون : ان السبب في الحركة النازلة لاجزاء الارض ، كما يعلم الناس جميعاً هي الجاذبية » ويرد سالفياتي Salviati : انت تخطىء يا سمبليسيو Simplicio . عليك ان تقول : ما لا يجهله احد، هو ان هذا السبب يسمى جاذبية . ولكن لا اسألك عن الاسم ، بل عن جوهر هذا الشيء . وباستثناء الاسم المفروض على هذا الشيء ، والذي اصبح مألوفاً بالاستعمال ، نحن لا نفهم اي شيء عن هذا الشيء ، ولا عن القوة التي تجعل الحجر يسقط ولا عن القوة التي تحمل الحجر المقذوف نحو الاعلى ولا عن القوة التي تحرك القمر في مداره » .

هل كان غاليليه يشك، في هذا النص التنبوئي ان ظاهرات ذات مظاهر بمثل هذا التنوع، تربطها بنية واحدة، الامر الذي شغل اساس بحث نيوتن Newton؟ الامر المؤكد هو ان غاليليه قد فهم مساوىء المنهج المرتكز على الاسماء وانه وجد الوسيلة في ابراز تناقضاته .

كان سمبليسيو Simplicio مثل كل الناس في اواخر القرن السادس عشر يعتقد انه اذا ثقبنا الكرة الارضية بحسب قطرها ، ورمينا كرة في هذا الثقب، فان الكرة تصل الى مركز الارض بموجب قانون طبيعي داخل الارض فاذا وصلت الى المركز فانها تتابع حركتها .

« ولكن سالفياتي Salviati اجابه ان الحركة وراء مركز الارض ، الا تكون صاعدة ، وسنداً لتأكيداتك ، الا تكون عنيفة وضد الطبيعة ؟ وفقاً لاي مبدأ سوف تجعلها محكومة الا للمبدأ الذي يجعل الكرة تنزل نحو مركز الارض والتي تسميها انت داخلية وطبيعية؟» .

كان غاليليه يعرف اذاً ان لا فرق بين « الثقل » و« الخفة » وان سقوط الاجسام والحركة الصاعدة في القذائف المقذوفة نحو الاعلى يجب ان تفسر وفقاً لذات القانون الاساسي . وتأرجحات الرقاص، وقد تأمله كثيراً،دلته على ان الحركة نحو الاعلى هي ردة فعل معكوسة للحركة نحو الاسفل . فضلاً عن ذلك لقد دحض من مدة بعيدة الاطروحة الارسطية حول استحالة الفراغ واكد في كتاب « دي موتي » De motu» الذي سبق ذكره انه في الفراغ يمكن تبين حقيقة سمات الثقل النوعي والحركة . واخيراً وبعد 1604 (رسالة الى بولوساربي) Paolo Sarpi اكد قانون السقوط الذي ظل ضيلة قرن حتى قبل : ان المسافات المقطوعة في ازمنة متساوية هي مثل الاعداد المفردة بعيدة عن الوحدة . وتمسك بهذا القانون بناء على تجارب كررها مئة مرة كما قال فيها بعد في كتابه (ديسكورسي Discorsi . . . ، ليد Leyde ، 1638) . نقول بثقة اكبر ان النتائج التجريبية اعطته فكرة هذا القانون وانه عرف كيف يعزو الى مقاومة الهواء الانحرافات بالنسبة الى القانون المثالي اي الى قانون السقوط الحر في الفراغ .

وموقفه تجاه موضوع السقوط كان جديداً تماماً ، ويتضمن عناصر ثورة علمية . لقد سبق لارسطو ان قال ان الجسم الساقط تتسارع سرعته ، ولكنه استسلم لتفسير سببي ونوعي بأن واحد : وقد جرى الامر كذلك لان المتحرك يجب ان يعود بأسرع ما يمكن الى مكانه الطبيعي . أما غاليليه فلم يطمئن الى التمييز بين الحركات الطبيعية وغير الطبيعية ، ورفض التعرف على الاسباب الغامضة والتي لا يمكن تحقيقها . وشاهد الحركة المتسارعة في السقوط ، فأدرك قانون مسافاتها بحسب الزمن المنصرم واراد ان يعرف كيف يمكن استخلاص هذا القانون الكمي ، منطقياً ، من نسبة رياضية بسيطة . هناك فرق جذري في المناخ .

ولكن غاليليه امضى وقتاً طويلاً حتى اكتشف تماماً هذه النسبة الرياضية البسيطة . ووضعها اولاً بين السرعة وارتفاع السقوط الامر الذي اقتضى جره الى قانون للمسافات مختلف تماماً عن القانون الذي يتوجب عليه تبنيه . وان هو توصل الى هذا التبين فما ذاك الا بعد اخطاء كثيرة . ولكنه تميز بانه استطاع ان يدرك بصورة تدريجية التصحيحات الواجبة ، واستطاع ايضاً ان يتخلص من تلقاء نفسه ، من مهزلة الاخطاء التي وقع فيها . وتوصل الى حل نهائي وصحيح : ان السرعة تتزايد مثل الزمن ، وهي لا تكشف سبب الجاذبية الارضية ، ولكنها تميز كمياً ، بحسب تعبيره هو ، « الاستعمال » البسيط جداً للطبيعة ، في الحركة العامودية للاجسام المقذوفة نحو الاسفل او نحو الاعلى . وهذا الاستعمال هو تسريع ثابت .

حركة المقذوفات ـ في حين عجز المدرسيون والميكانيكيون في القرن السادس عشر عن معالجة حركة القذائف بصورة كاملة، استطاع غاليليه ان يحل هذه المشكلة بتحليل ممتاز ظهر من خلاله ، مع مبدأ الجمود ، مبدأ اندماج الحركات ، واستقلالية مفاعيل القوى .

والنص الاساسي بهذا الشأن ورد في « ديسكورسي » Discorsi . فهو يؤكد ان متحركاً مقذوفاً على سطح افقي ، بغياب كل عائق ، يتابع حركته المتسقة الى اللانهاية فيما لو كان السطح لا نهائياً . ولكن اذا كان السطح محدوداً ، وعندما يتجاوز المتحرك الخاضع للجاذبية طرف السطح « فانه يضيف

الى حركته الاولى الموحدة والمستمرة الشد نحو الاسفل » الذي هو من فعل الجاذبية. من هنا تنشأ حركة مركبة من الحركة الافقية ومن الحركة المتسارعة النازلة ،ويبين غاليليه ان مسار القذيفة هو بارابول. ويشير على لسان ساغريدو Sagredo ان التحليل يفترض ان تكون الحركتان المركبتان « بعد اختلاطهما لا تدمر احداهما الاخرى ولا تصابان بالاضطراب ولا تحد احداهما الاخرى». واشار ايضاً على لسان سالفياتي Salviati بان مقاومة الهواء قد تغير المسار بالنسبة الى القذائف السريعة جداً مثل قذائف الاسلحة النارية.

يجب ان نشير هنا الى مقدار تعلق مبدأ الاستقلال المتبادل بين الحركات بالصعوبات التي اثارها نظام كوبرنيك Copernic. فاذا كانت الارض تدور حول نفسها فكيف نفسر عدم بقاء القذائف، والعصافير والسحب « متأخرة »؟. هنا انحاز غاليليه بعزم الى تيار فكري متماسك ولكنه غير واضح. والتفسير المقبول الذي من شأنه ان يدحض الاعتراضات الارسطية ويفضح اوهام الحس السليم المزعوم، هذا التفسير هو ان الجسم الطائر في الفضاء الارضي يشارك في حركة الارض، وان هذه الحركة موجودة في هذه الاجسام ولكنها غير مرئية، وهي بدون مفعول نسبي على الارض، ولكنها موجودة بالتركيب مع كل حركة تقوم بها هذه الاجسام بالنسبة الى الارض.

واذا كان مبدأ تركيب الحركات في استقلالها المتبادل قد وضع بوضوح وادرك بوضوح، الى درجة انه لم يحتج فيما بعد الى تصحيح اساسي، فان الامر يختلف بالنسبة الى قانون الجمود. وكما قال آ.كويري، A.Koyré[٦] بحق ان غاليليه لم يستطع تصور جسم محروم من جاذبيته. وبالضبط، ومن اجل استبعاد مفعول هذه الجاذبية فانه مضطر الى وضع الجسم فوق سطح افقي. ومع ذلك فمن الملحوظ تماماً انه عرف كيف يميز، بعد التأمل والتجارب حول السطح المنحني، حالة الجسم الموضوع فوق سطح افقي، بعبارات تحمل معنى التجريدات والبديهيات المستقبلية. ولما كانت نزعة الحركة القصوى بالنسبة الى جسم معين يتبع الخط العامودي، تتضاءل مع تضاؤل السطح المتخذ ركيزة، فان هذه النزعة تلغى فوق السطح الافقي الذي يمنع التقارب من « المركز المشترك الذي تنزع اليه الاشياء الثقيلة ». وعلى هذا فالجسم الموضوع فوق سطح افقي « لا يتأثر بالحركة وبالسكون وليس له بذاته اي ميل للتحرك بأي اتجاه، وليس له اية مقاومة ضد اية حركة ». هذه اللامبالاة تجعل من الجسم المتحرك محروماً من اي سبب يجبره على التوقف او على تغيير حركته. وبهذا تبقى الحركة متسقة.

وعلى العموم يثبت الحل الذي نادى به غاليليه بشأن حركة القذائف، مبادىء اساسية وصيغة تتضمن تطورات جديدة. فهي تمثل هذه الحركة وكانها تتضمن بذاتها، وبشكل عجيب الحركتين الابسط: الحركة الموحدة العارية من القوة، والحركة المتصاعدة السرعة حيث تعمل الجاذبية الارضية بتسارع ثابت. ولكن بالضبط لأن غاليليه قد اهتدى الى الحركة الموحدة بفعل حيلة من شأنها ان تستبعد فعل جاذبية الارض، فهو لم يستطع اطلاق قانون الجمود وهو: « النقطة المادية المعزولة هي في حركة مستقيمة وموحدة ».

تأرجح الرقاص - يريد التراث ان ينسب الى غاليلي اكتشاف تواقت التأرجحات في الرقاص

سنة 1583 وهو يتأمل اللمبات المعلقة في كاتدرائية بيزا. وفي ديالوغو Dialogo، اكد على التواقت التقريبي للرقاص ولكنه بدا مؤمناً بنسبية المدة مع طول الخيط (الزمن يكون اقصر، كما يقول، كلما كانت الدائرة المرسومة اقصر). والقانون الحقيقي لنسبية مربع المدة مع طول الخيط لم يظهر الا في سنة 1637، من خلال رسائله وقد عاد اليه في ديسكورسي Discorsi. وفي 1641، وقبل سنة من وفاته، أظهر غاليليه رغبته في تطبيق الرقاص على تنظيم ساعة ذات رقاص

هذه الوقائع كانت ذات مغزى : فهناك من جهة الاهتمام بموضوع قياس الزمن وهو موضوع اثار نتائج عملية، وجدد الافكار النظرية، وهناك ايضاً بروز نموذج : التأرجح الذي خرجت منه اعتبارات مثمرة

وفيما خص الارتباط بين الجاذبية وتارجح الرقاص، اكتفى غاليليه بالاشارة في ديسكورسي، الى ان تقصير طول الرقاص البسيط عند مروره بالخط العامودي، وذلك بحشر مسمار، فان الكتلة المتحركة تصعد رغم ذلك الى نفس المستوى .

وقد اعتبر هذه النتيجة كدليل وكحصيلة لهذا « الطرح » الاكيد وهو ان « السرعات التي يكتسبها جسم نازل على سطوح مختلفة الانحدارات تكون متساوية عندما تكون ارتفاعات المساقط نسبة الى العامودي متساوية ». وعاد هويجن Huygens فيما بعد الى هذا الطرح وايَّده : ان السرعة المكتسبة اثناء سقوط عامودي او فوق سطح منحدر، هي، في كل حين، السرعة التي تتيح، في الاتجاه المعاكس، وبخلال اي مسار او مسافة، العودة الى نفس مستوى الانطلاق. وقانون سرعات السقوط الحر، وهي نسبية الجذر التربيعي لارتفاعات السقوط، يتيح هكذا دراسة حركة نقطة ذات ثقل فوق مطلق جانب وهذا يقتضي الاعتراف بان غاليليه قد فتح الطريق أمام هذا المكتسب المهم مكتسب أواخر القرن .

مقاومة المواد والهيدروستاتيك ـ ان مقاومة المعادن او المواد هي اول علم من علمين اراد غاليليه تأسيسهما حين كتب ديسكورسي. الا ان تقريره بهذا الشأن تافه لانه طرح فكرة التوتر الداخلي وقد بسط بما فيه الكفاية النظام، حتى لا تتدخل الفكرة الا ضمن علاقات شاملة عامة في حالة سكون خالص (ستاتيك) .

وفيما خص الجسور المؤطرة التي يعتبرها وكأنها مؤلفة من خيوط غير قابلة للمط، والتي يريد ان يتجاهل تشويهها تحت الحمل، لم تتميز العبارات التي يقترحها، من اجل لحظة الخسعة، الا بانها تزيد في تأثير العبء وتأمين تطبيقات عملية هي الى حد بعيد تحت الحدود الفعلية للانكسار.

وكان غاليليه اقل توفيقاً بالنسبة الى الحلول التي يقترحها بالنسبة الى جانب جسر له نفس وذات المقاومة في كل جزء من اجزائه، وبالنسبة الى شكل خيط او سلسلة معلقة بين نقطتين . ان هذه الحلول التي تستخدم البارابول، هي حلول خاطئة، الا انها تتميز ايضاً بميزة هي انها تحفز التفكير نحو مواضيع سوف تشغل افكار الميكانيكيين، وسوف يكون لها في نهاية القرن تأثير شاحذ لذكاء المبتكرين، مبتكري الحساب التفارقي والتكاملي في مجال التطبيقات التي سبقت تسميتها بالفيزيائية ـ الرياضية .

كان غاليليه، وهو يكتفي بالانطلاق من معطيات تجريبية يجهل التمددية ويقصر التحليل على تماسك الجوامد مفضلاً مقاومة الفراغ بين قسمين متلاصقين. هذه المقاومة التي تظهر من خلال صعوبة فصل سطحين صقيلين متماسين.

ونجد ثانية، هذه المقاومة للفراغ، المنسجمة، تماماً مع مفاهيم عصره، في بعض عناصر الهيدروستاتيك التي تناولها غاليليه. وكان سالفياتي Salviati ـ وهو يفسر قول ساغريدو Sagredo حول الاستحالة التي يعرفها المتمرسون، استحالة مص الماء بواسطة مضخة الى ما فوق 18 ذراعاً ـ يتصور بهذا وسيلة لقياس حدود «قوة الفراغ». وليس في هذا تقديم ضخم، ولكن ليس بالامكان التقليل من اهمية الدور الايجابي للخطوة التي تحققت نحو طرد الفكرة القديمة فكرة «الخوف من الفراغ».

وفي معالجته لانبوب المص «سيفون» Siphon في ديسكورسو Discorso منشور في فلورنسا سنة 1612، يشير غاليليه ان كمية صغيرة من الماء محتواة ضمن اناء ضيق توازن كمية كبرى في اناء واسع لان انخفاضاً صغيراً في الثانية (الكبرى) يؤدي الى رفع كبير للاولى. وهنا رغم وجود سابقين له، ورغم انه يستعمل مبدأ توازن ذي منحىً ارسطي، فانه (أي غاليليه) قد سبق باسكال Pascal وذلك حين ركز على السبب الهندسي (الجيومتري).

وفي النهاية، اذا كانت المجالات التي سبقت الاشارة اليها، لم تحقق بالنسبة الى مساعيه نجاحات حقة، فانه (أي غاليليه) ظهر من خلالها سباقاً نشيطاً حين عالجها كرياضي، وهو بهذا المجال، بدا ذا تأثير ضخم.

عمل توريشلي Torricelli ـ كان توريشلي تلميذاً مباشراً لغاليليه، وقد اعطى سنة 1644، في فلورنسا، دراسة حول حركة الاجسام الوازنة حيث وسع ومنهج ديناميك كتاب ديسكورسي Discorsi لغاليلي. وهكذا ساهم في نشر افكار معلمه، مع اثبات اصالته الذاتية. وقد تناسى المشاريع الأخيرة عند غاليليه، فاثبت حكمه حول تساوي السرعات المكتسبة، طيلة مختلف الاسطح المنحنية، ضمن اطار نفس ارتفاع المسقط، وذلك مع ارتكازه على مبدأ اقترن باسمه: لا يستطيع جسمان مرتبطان فيما بينهما ان يتحركا تلقائياً، ما لم تنزل نقطة ثقلهما النوعي المشتركة. هذا المبدأ استعاده وعممه هويجن Huygens فبدا على بساطته وبداهته، مفيدا ومثمراً للغاية.

وظل اسم توريشلي Torricelli مقروناً ـ ليس فقط بالتجربة البارومترية (تجربة ميزان الضغط الجوي) التي سميت من زمن باسكال، تجربة ايطاليا ـ بل ايضاً باول قانون كمي حول سريان السائل عبر ثقب ضيق موضوع في القسم الاسفل من اناء. وقد اكتشف تورشيلي هذا القانون بالمقارنة مع سقوط الاجسام، متصوراً ان السائل مقذوف نحو الاعلى، عند خروجه من الاناء، وانه يستطيع بلوغ المستوى الداخلي للاناء. وقد استحق من جراء هذا ان يعتبر البادىء في اوليات البحوث في مجال «الهيدروديناميك» (تحرك السوائل).

الاب مارين مرسين P.Marin Mersenne ـ بفضل الاب مرسين (ميكانيك غاليلي، باريس

1634) عرف عمل غاليليه، في الميكانيك - ،وهو اقل توريطاً من كوسمولوجيته (علم الفلك) - الانتشار في فرنسا، وحتى في اوروبا، انتشاراً لم تكن شهرة صاحبه لتكفي من اجل تأمينه. والجميع يعرف الدور الجليل الذي لعبه هذا الكاهن الصغير كوسيط بين العلماء والفضوليين، والاهمية الضخمة لرسائله الغزيرة في تطوير العلوم .

كان مرسين ، قبل كل شيءٍ مولعاً بالتجارب من كل نوع، وقد اعطى على صعيد المبادىء ، ادلة عديدة على حنكته وبراعته . ولكن استقلالية فكره ظلت اكيدة ، وعلى هذا، ومع اعجابه الشديد بغاليليه وديكارت فانه لم يظهر بمظهر المنحاز ، لا لهذا ولا لذاك .

وعكف مرسين ، وقد ساورته الشكوك حول العقيدة الغاليلية فيما يتعلق بسقوط الاجسام ، نتيجة عدم إدراكه لميزتها العقلانية، بجد ومثابرة على التجارب العملية حول القانون الشهير. واستخدم تأرجحات الرقاص ، بهذا الشأن ، بشكل موفق جداً ، مع ربطها بالسقوط فوق سطح منحدر. وبفضل تجاربه حول مدات التأرجح اكتشف مرسين ، وبدون تردد، قانون نسبية الجذر التربيعي لطول الرقاص، وهو القانون الذي اعلنه غاليليه بعد تلمس .

ولكن مساهمته الاصيلة تتوقف عند تطور الميكانيك بالذات . لقد كان اقل الهاماً ، فلم يوفق في اعادة التجربة التي ذكرها غاسندي Gassendi حول دوران سطح تأرجح الرقاص ، او بالاحرى، لقد ضَلَّ في تفسير الرقاص، فبحث في ظاهرة مدِّ البحر وجزره ، راغباً في ملاحظة ما لا علاقة له ابداً بالموضوع .

غاسندي Gassendi- في سنة 1624 شرع غاسندي بالنشر، مبيناً اخطاء المدرسيين، مفنداً استعباد التلامذة باسم كلام « المعلم » . ولكنه سرعان ما التزم جانب الحذر « ساعياً وراء السلامة لنفسه» « خاضعاً للظروف » . ولكن هذا لم يمنع هذا الكاهن الجليل من ان ينصب نفسه مقرضاً لأبيقور Epicure وناهجاً نهجه في الحقل غير الديني .

وبشكل مغاير تماماً للعالم كما تخيله ديكارت ، بدا الفضاء برأي غاسندي Gassendi مجرد قدرة على استقبال الكائنات ؛ وهذا الاطار هو بآنٍ واحد ضخم ، غير متحرك، غير جسدي، وضروري . اما الزمن في فهم غاسندي فهو ايضاً غير محدود، وغير جسدي وغير مخلوق، وهو يمضي حتى بغياب اية حركة في كل هذا بدا غاسندي طليعة مدرسة كامبريدج التي الهمت بدورها نيوتن .

توجد مادة اولى مشتركة بين كل الكائنات. وهذه المادة تقسم الى ذرات ملآنة وغير قابلة للاختراق . وشكل هذه الذرات متنوع جداً ، وهذا ينبي عن تنوع الأجسام في الطبيعة . والذرّة ذات وزن ، أي أنّها قابلة للتحرّك بذاتها .

والحركة حددها غاسندي وكانها مجرد الانتقال من مكان الى مكان، عملية تكون غير ممكنة في عالم ديكارت الملآن. والذرّات هي السبب الاول المحرك. وهذا يعني ان المادة بمفهوم غاسندي مزودة بنشاط كما سيكون بشكل آخر الهيولي عند ليبنيز Leibniz .

وحول مبدأ الجاذبية الارضية بالذات ، ينفصل كاسندي عن غاليليه : ان الجاذبية ليست خاصية تمتلكها الاجسام بالذات . انه جذب الارض هو الذي يخلق الثقل . وهذا الجذب قد ينقلب الى مادة بسلسلة من الجزئيات بين جسم ما والارض . وفقاً لاسلوب مستوحى من كبلر Kepler

وعلى صعيد الميكانيك الوضعي ، وبهدف دحض الاعتراضات الموجهة ضد حركة الارض ، اجرى كاسندي في عرض البحر من مرسيليا ، سنة 1640 ، التجربة التي اشار اليها غاليليه في ديسكورسي ومؤداها التسبب بسقوط حجر من اعلى سارية سفينة متحركة : وقد وقع الحجر في اسفل الصاري ، وكما صرح بذلك غاليليه ، ضد اراء المشائين (اتباع الارسطية) . قال غاسندي ان الحجر رسم بارابولاً بالنسبة الى محاور مربوطة بالارض ، الا ان المؤلفة الافقية لهذه الحركة البارابولية لم تشاهد على ظهر السفينة . وهكذا اثبت نوعاً من انواع مبدأ النسبية .

في نظر غاسندي كل الحركات عنيفة . بمعنى انها تتطلب دائماً محركاً خارجياً . وسقوط الاجسام لا يشذ عن هذا بهذا الشأن . فالحركة العنيفة ـ بعكس قاعدة تؤمن بها المدرسة ـ قد تكون مستمرة ان كانت موحدة متسقة . وهذا يجرنا الى مبدأ الجمود : ان الحجر الموضوع في فضاءات خيالية ، هي وراء عالمنا المرئي ، وبالتالي بمعزل عن مفعول الارض ، يبقى هادئا ساكنا الى الابد . وان جاء سبب ما يطرده منها ، فان هذا الحجر ينتقل بحركة موحدة وبدون نهاية . وهكذا ، في نظر غاسندي يفترض مبدأ الجمود وبوضوح ، متحركاً متحرراً من كل اثر خارجي ، متحركاً في فضاء فارغ من كل حقل قوة . نضيف ايضاً ان غاسندي كان كوبرنيكياً ، ولكنه في محاضراته في الكلية الملكية (1647) شرح ، دون ان يظهر اي تحيز واضح ، انظمة العالم الثلاثة .

II ـ ديكارت

نصل الى ديكارت ، الذي اتيح لمؤلفاته ان تسيطر على القرن حتى ظهور المبادىء (برانسيبيا) Principia لنيوتن وحتى بعده . ونميز بين ميكانيك ديكارت ، اي المسائل المحددة التي درسها ، والاوالية الديكارتية ، اي نظامه للعالم . وهذا الفصل اتاحه هو ، عندما لم يسلم « كتابه حول العالم » على اثر محاكمة غاليليه ، وعندما لم يؤد نشر كتابه « المبادىء » (ط لاتينية 1644 ، وط فرنسية 1647) الى الغاء هذا الفصل ايضاً .

من الواجب اذن الاعتراف بأن ميكانيك ديكارت يطرح المسائل أكثر مما يحلها بشكل مرضٍ . وبالمقابل ان اواليته ، اي محصلة الفيزياء بواسطة مفاهيم الامتداد ، والصورة والحركة ، يجب ان تجذب الافكار ، بفضل بساطة اساليبها ، وبفضل تذكيرها بايحاءات الخيال البصري ، وان تقضي ، بفضل مثله ، على الصفات الخفية التي كان المدرسيون يتغذون بها .

ديكارت وبيكمان Descartes et Beeckman ـ بعد رؤية ديكارت اعلاناً يطرح على العلماء مسألة حسابية ، وكان يومئذ مجنداً في الجيش En garnison ، اتصل بحوالي اواخر سنة 1618 باسحاق

بيكمان Isaac Beeckman . وقام هذا الاخير فيما بعد بتنويره حول عدة مسائل مما كان يشكل يومئذ الفيزياء العامة. وكان هذا التعاون بين ديكارت وبيكمان قد نشر بكامله في « مذكرات » هذا الاخير، بعد ان عثر عليها ونشرها كورنليس دي وردCornelis de Waard .

كان بيكمان ذرياً. ولكن هذا لم يمنعه من تأهيل الكون الفضاء بمادة مرهفة سريانها يفسر في نظره، بآن واحد، سقوط الاجسام، وجذب المغناطيس وبعض مظاهر الفراغ .

وكان بيكمان ينادي بحفظ الحركة : كل شيء بعد ان يحرك لا ينزع ابداً نحو السكون، ما لم يكن هناك عائق خارجي يحد من حركته. ويطبق حفظ الحركة في الفراغ ، على الحركة المستقيمة كما يطبقه ايضاً على الحركة الدائرية ، ويذكر بيكمان كمثل على ذلك الحركة اليومية للارض والحركة السنوية. وهذا يكشف ان بيكمان كان بالتأكيد كوبرنيكياً .

كان بيكمان يؤكد ويهتم باثبات يثبت بالتجربة وجود سرعة محدودة للاجسام الواقعة في الهواء . فهو يرى ان النور مؤلف من جزئيات وان سرعة انتشاره محدودة .

وقد اهتم بيكمان ايضاً بتصادم الاجسام. والقواعد التي اعلنها بهذا الشأن تتطابق تماماً مع القواعد التي اقترحها ديكارت فيما بعد. وبعكس قواعد ديكارت، كانت قواعد بيكمان في معظمها صحيحة ، ولكنها لا تبحث الا في حالة الاجسام المجرّدة من المرونة

وقد درس ديكارت وبيكمان معا سقوط الاجسام وتوصلا بالتالي، قبل غاليليه ، الى قانون صحيح . والغريب في الامر ان ديكارت نسي هذه النتيجة، مما حمله فيما بعد على التيهان في ذات المسألة .

وعلى العموم تظاهر ديكارت بانه نسي دروس بيكمان وعزم على تقديم نظامه الخاص كثمرة افكاره الشخصية .

لقد عاش ديكارت بشكل مستقل عملياً تجربته الفكرية العجيبة، وذهب الى حد احتقار حقائق لدى معاصريه كان من الاجدر اكتسابها .

الميكانيك الديكارتي - في سنة 1634 اطلع ديكارت على اهم نظامين للعالم عند غاليليه من خلال كتاب ديالوغو. والتهم الكتاب بخلال ثلاثين ساعة، ولم يتورع عن انتقاده، خاصة فيما يتعلق بتفسير المد والجزر. ولكنه اعترف بان غاليليه فيلسوف جيد بالنسبة الى الحركة، وخاصة بمقدار ابتعاده عن الاراء المكتسبة . ان الفوضى الظاهرة في ديالوغو، لا يمكن الا ان تصدم بشكلها الفكر المنهجي عند ديكارت .

وفي مجال السكون (ستاتيك)، وضع ديكارت كل وزنه المعنوي لكي يُحِلَّ - كما فعل ستيفن Stevin من قبل - ما يسمى اليوم وجهة نظر الاعمال المحتملة محل وجهة نظر السرعات المحتملة .

وهذه الاخيرة كانت وجهة نظر التراث المدرسي : كتب ديكارت في 5 تشرين الاول 1637 الى قسطنطين هويجن Constantin Huygens يقول :

« ان اختراع كل الالات [التي بواسطتها يمكننا، لقاء قوة صغيرة، رفع حمل ثقيل جداً] لا يقوم الا على مبدأ واحد هو ان نفس القوة التي تستطيع رفع ثقل ما ، مثلاً، مئة ليبرة لارتفاع قدمين ، تستطيع ايضاً رفع جسم من مئتي ليبرة لارتفاع قدم واحد، او جسم من 400 الى ارتفاع نصف قدم ، وكذلك الاوزان الاخرى التي تنطبق عليها القاعدة .

وهذا المبدأ لا يمكن الا ان يقبل ، اذا اعتبرنا ان المفعول يجب ان يتناسب مع الفعل اللازم لاجرائه ». ويوضح : « ان هذه القوة لها دائماً بعدان » اي انه حصيلة وزن مع ارتفاع » .

وكان ديكارت هو الاول الذي لاحظ الصفة التفارقية هذا المبدأ الاساسي في الستاتيك (السكون) . وكتب بهذا الشأن، فيما خص الجاذبية الارضية :

« تقاس الجاذبية المتعلقة بكل جسم « ببدء » الحركة التي تقوم بها القوة الدافعة سواء لرفعها ام للّحاق بها ان هي انخفضت . لاحظ اني قلت «بدء بالنزول » وليس فقط النزول، اذ ان البدء في النزول هو الذي يجب الانتباه له . » .

وبحسب رأي ديكارت ان « القوة السكونية » تعبر عن نفسها بحاصل ضرب الوزن بالارتفاع ، في حين ان « اللحْظة » Momento بالمعنى الذي قصده غاليليه يساوي حاصل ضرب الوزن بالسرعه . ويرى ديكارت ان غاليلي قد نجح في تفسير « ما يجب » Quod ita fit فيما خص الميزان والعتلة دون ان يفسر Le eur ita fit (كتاب الى مرسين في 15 تشرين الثاني 1638) .

وبعد ان قرأ ديكارت كتاب غاليلي « ديسكورسي» حال صدوره ، انتقده بقسوة في رسالة سلمها الى مرسين تحت طابع السرية (11 تشرين الاول 1638). يفهم من هذا ان ديكارت، في ذلك الحين كان مندفعاً تماماً وكان يحاكم كل شيء على اساس مبادئه هو . إذ لم تعد تهمه حقائق العلم الوضعي الا بمقدار اندماجها في الصورة الميكانيكية التي كونها لنفسه عن العالم .

وبناء عليه فقد رفض ديكارت كل النظريات التي تقوم عليها النظرية الغاليلية حول سقوط الاجسام : « كل ما قاله [غاليليه] عن سرعة الاجسام النازلة في الفراغ الخ مبني على غير اساس ؛ اذ كان يجب عليه اولاً ان يحدد ماهية الجاذبية؛ ولو انه عرف حقيقتها، لكان عرف انها تكون عدماً في الفراغ » (حرفياً)[1] .

الا ان ديكارت يعترف، مع ذلك، لغاليلي بانه يمتاز « بانه يعرف كيف يتفلسف اكثر من العوام »

1 ـ من المعلوم بهذا الشأن ان الفراغ غير موجود في نظر ديكارت وان الجاذبية الارضية ناتجة عن تأثير المادة المرهفة الخفيفة التي تملأ كل الفضاء ، على الاجسام .

وانه « يتفحص المواد الفيزيائية باسباب رياضية ». وهذه هي الوسيلة الوحيدة من اجل الوصول الى الحقيقة، ومن اجل « الابتعاد، ما امكن عن اخطاء **المدرسة** » .

وقد كان ديكارت محقاً تماماً حين اخذ على غاليليه انه قدم لرجال المدفعية جداول رماية أستبعد منها كل مقاومة للهواء ، حين رسم بارابول القذائف .

من جهته لم يغفل ديكارت اية معلومات تجريبية ، وبخاصة في موضوع صدم الاجسام . وكانت المسألة بالتأكيد اساسية بالنسبة الى فيزيائه التي لم تكن تعترف الا بفعل الملامسة ، . ولكنه لعجزه عن استبعاد العقبات ، اعلن فيما بعد بهذا الشأن ، في « مبادئه » عن قواعد مسبقة [دون اثبات] سعى هويجن فيما بعد الى اصلاحها وتقويمها .

وعالج ديكارت في « الديوبتريك » (1637) المسألة الصعبة، مسألة تركيب الحركات، ولكنه لم يعالجها علناً ؛ فترك ـ لماركوس مارسي دي كرونلاند Marcus Marci de Kronland (دي بروبورسيوني موتيس De Proportione Motus، براغ 1639) والى جيل برسون دي روبرفال Gilles Personne de Roberval (محاضرات الكلية الملكية 1639) ـ الفضل في نشر تحليلات جديدة حول هذه المسألة المفتاح التي عالجها غاليليه بشكل مبهم .

وتكشف رسائل ديكارت وحدها (محادثة مع هوبز Hobbes سنة 1641 بواسطة مرسين) كم فكر هو بنفسه في البنية المنطقية للتركيب لكي يستنتج منها تمييز العناصر المكونة للحركة : عنصر كمي مرتبط بمقدار السرعة، عنصر جيومتري (الاتجاه والتوجه) .

والمراسلات ايضاً هي التي تكشف شجب ديكارت لهذا النوع من الجاذبية الكونية التي قدمها روبرفال سنة 1644 في كتابه آريستارك Aristarque وهو يشرح الفرضيات الكلاسيكية الثلاث في علم الفلك .

« من اجل فهم [مثل هذه الجاذبية] لا يكفي فقط الافتراض بان كل جزء من الكون حي يتحرك بفعل انفس عدة ومتنوعة لا يصد بعضها بعضاً : بل ان هذه النفوس ذكية وكلها إلهية حتى تستطيع معرفة ما يحدث في اماكن بعيدة عنها، بدون اي رسول يعلمها ، وحتى تمارس فيها سلطانها » (رسالة الى مرسين في 20 نيسان 1646) .

ولكن هذه الرسالة، التي عرفت فيما بعد نشرها على يد كليرسليه Clerselier، كان لها وزنها في معارضة الديكارتيين لنظام نيوتن .

لا نستطيع هنا ان نرسم كل تفصيلات المناظرة التي حصلت بين ديكارت وروبرفال بشأن البحث عن مركز الاضطراب اي تحديد طول الرقاص البسيط المتواقت مع رقاص مؤلف ومعين، وهي مسألة صعبة جداً ، بالنسبة للوسائل المتوفرة آنذاك ، وقد عجز كل من ديكارت وروبرفال عن إيجاد حل كامل لها ؛ كما عاد اليها هويجن بواسطة منهج جديد مختلف تماماً . وقد أعطى التراث ، في أغلب

الأحيان ، الحق لروبرفال في هذه المناظـرة . نشير مـع ذلك أن ديكـارت لم يكن وحده ليتحمـل كل الاخطاء ، لأنه كان أفضل تصوراً من محاوره لضرورة الاهتمام بالثقل النـوعي من أجل العثـور على مركز التحرك .

نظام الكون عند ديكارت ـ ان جوهر رسالة ديكارت التي قدمها لعصره، لا يكمن في حـل المسائل، التي كانت تشغل العلماء يومئذ، والتي اهمل هو (اي ديكارت) اصدار نشـرة بشأنها كـاملة ودقيقة ومنهجية ، مستقلة عن المشاحنات بالرسائل، بل يكمن في وضعه نظاماً كاملاً ـ هدف به احلاله تماماً محل عقيدة « المدرسة » ـ نظاماً إلغى منه كل الصفات والاشكال الجوهرية ، لصالح اوالية كونية ، تفسر كـل الظاهـرات في هذا العـالم المرئي بـواسطة ثـلاثة مفـاهيم فقط هي : الاتساع ، والصـورة والحركة .

وفي هذا التخفيض لعدد المفاهيم وجد نظام ديكارت، بآنٍ واحدٍ، اصالته العميقة، وتبريـره، وفائدته الحقة. واذا كان هذا الدرس العالي قد اسس مدرسة او منهجاً، فذاك لانه ـ وهو يأتي ليقـدم امكانية تفسير ميكانيكي لكل الظاهرات في العالم المحسوس ـ يشكل دعامة قوية للبحث العلمي .

وقد وجد نظام ديكارت تعبيره الاول الاكثر بداهة وعفوية والاكثر بساطة ، والاكثر كوبرنيكيـة ايضاً في كتاب « الكون » الذي كان شبه كـامل في تمـوز سنة 1633 . ولكن الحكم عـلى غاليليه حمل ديكارت على تأجيل نشر الكتاب . ولم ير كتاب الكون النور فعلاً الا سنة 1664 . في هذه الاثناء كان ديكارت قد نشر « المبادىء الفلسفية » 1644 . في هذا العمل ذي الطابع العلمي الابرز وذي الطابـع ا: نأيمي عرف علماء اوروبا كلها الاوالية الديكارتية .

ان الاتساع، بمفهوم ديكارت. هو جوهر (او هيولي او مادة او جسم) وبالعكس ان الجوهر يعود ويرتد ليصبح اتساعاً . هذا المفهوم مجرد من كل صفة حسية ، ومن كل صفة خاصة ولا يتضمن اي شيء لا يمكن ان يكون كونيـاً . هذه الكـونية في نـظر ديكارت هي مفتـاح الفهم الاكيد لـلاتساع او الامتداد. وهذا الامتداد يملأ كل الفضاء بشكل مستمر: لا يوجد فراغ ، ولا يوجد كذلك ذرات . ان العالم الديكارتي واحد موحد؛ انه غير محـدود، اي لا يمكن ان ترسم لـه حدود وابعـاد. بالنسبـة الى ديكارت تعتبر الحركة نسبية بصورة اسـاسية، ولا يمكن ان تحـدد الا بالنسبـة الى جوار او اطـار يعتبر ساكناً . والسكون هو من ذات طبيعة الحركة : اذ يوجد بينهما تماثل حق. في الطبيعة يسود قانون عام يعبر بصورة شاملة عن التوازن بين السكون والحركة .

« لقد خلق الله بكل قدرته المادة وفيها الحـركة والسكـون واحتفظ الان ، في الكون، بـواسطة قدرته ومساعدته ، بمقدار من الحركة والسكون ، كما وضعهما يوم خلق هذا الكون » .

ولكن موضوع الحفظ الذي يعزى الى صفات الله الميتافيزيكي ، يجب ان لا يؤول على عجل .

ان القانون الاول للحركة هو نوع من مبدأ الجمود: ان اي جسم لا يغـير حالتـه السكونيـة او الحركية الا اذا التقى جسماً آخر. وكل جسم اخذ في الحركة يستمر فيها دون ان يتوقف من تلقاء ذاته

والقانون الثاني يوضح ان كل جزء من المادة يهتف الى ان يتحرك بخط مستقيم ما لم يلاق أجساماً اخرى. والقانون الثالث يقصد الى توضيح انماط الاتصال الحركية بين جسمين التقيا. ويقترن هذا القانون بسبع قواعد تتناول اصطدام الاجسام. وهذه القواعد كلها غلط ،ما عدا القاعدة الاولى التي تتعلق بالصدمة المتبادلة لجسمين متساويين تحركهما سرعات متساوية . ولكن هذه القواعد تتيح اعطاء مضمون وصياغة رياضية للقانون العام قانون الحفظ في الكون .

ومسألة الصدم لن تجدد، في القسم الثاني من القرن، الا بفضل تمثل مفهوم جديد هو مفهوم المرونة ، ثم باعتبار كميات الحركة وكأنها غير منفصلة عن منحى الحركة. وفكرة قانون الحفظ لن تتأثر بهذا القانون بل مضمونه فقط هو الذي يتأثر.

نشير اخيراً انه بالنسبة الى ديكارت ، يكمن تماسك جزئيات الجسم الصلب في ان هذه الجزيئات هي فيما بينها بحالة سكون نسبي. وهذه المفارقة تبرز النتيجة القصوى، لبناء اريد له بصورة اساسية ان يكون منطقياً

وقد استطاع ديكارت، بفضل هذه المفاهيم وهذه القوانين ان يتنطح لتفسير « التكوين العجيب لهذا الكون المدهش ». ورغبة منه في تفادي الاصطدام برجال اللاهوت كتب يقول : « اني حريص اكثر من كوبرنيك على ان لا اسند اي حركة الى الارض. وسأحاول ان تكون حججي حول هذا الموضوع اكثر اصحّة من حجج تيكو Tycho » .

ان اجزاء الشمس تضطرب كما تضطرب اجزاء كل نار، ولكن الشمس لا تنتقل، رغم ذلك من مكان الى اخر في السماء .

ومادة السماء سائلة وكذلك المادة التي تؤلف الشمس والنجوم الثابتة. وترتكز الارض في القسم من السماء الذي يجاورها والذي يشكل إعصاراً، مع بقائها محمولة بفعل تيار هذا الاعصار :

« وبعد ان تم نزع كل الاحراجات التي تمس حركة الأرض ، نفكر بأن مادة السماء حيث الكواكب تدور باستمرار ، دائرياً ، كما الاعصار الذي توجد الشمس في وسطه . . . وان كل الكواكب (والأرض من عدادها) تبقى دائماً معلقة في نفس الأجزاء من هذه المادة السماوية . إذ بهذا فقط ، وبدون استعمال أية آلات أخرى ، يمكن أن نفهم بسهولة كل الأشياء التي نلاحظها فيها » .

في البداية قسم الله كل المادة الذي كون منها هذا الكون المرئي الى اقسام متساوية تماماً وهذه الاجزاء الاساسية لا يمكن ان تكون مدورة ، اذ لا يمكن ان يكون فيها فراغات ، والكرات او الدوائر المتلامسة تبقى فيما بينها زوايا فارغة . هذه الزوايا يعتبرها ديكارت مملوءة ببقايا او نفايات اجزاء المادة، وذلك بمقدار تدوير هذه الاجزاء .

ويتألف العالم المرئي من ثلاثة عناصر رئيسية هي هذه الفضلات او البقايا ، وهي منقسمة جداً

تحركها حركات سريعة ؛ ثم بقايا المادة التي اجزاؤهاصغيرة جـداً ومدورة. واخيـراً الاجسام، التي، بسبب ضخامتها وصورتها ، لا يمكن ان تتحرك بمثل هذه السرعة .

والشمس والنجوم الثابتة تتألف من العنصر الاول، اما السماء فمن العنصر الثاني واما الارض والكواكب والشهب فتتألف من العنصر الثالث.

وتدور الاعاصير وهي تلامس بعضها بعضاً خارج اقطابها ، وبحيث لا تضايق بعضها بعضاً في دورانها . ومادة العنصر الاول تخرج باستمرار من الاعصار، من خلال النقاط الاكثر بعـداً عن محاور كل اعصار وتدخل ايضاً وباستمرار من خلال هـذه الاقطاب . امـا مادة العنصر الثـالث فتتكون من أجزاء الفضلات التي هي أقل اضطراباً. ويصورها ديكارت وكأنها أعمدة صغـيرة ضمن ثلاث قنـوات وهي مدورة مثل صدفة البزاقة، بحيث تستطيع الرقص دائرياً ضمن مثلثات محدودية مـتروكة فيـما بينها بفضل ثلاث كرات من العنصر الثاني تتلامس. هذه الاجزاء الاسطوانية تسبـح فوق سـطح الكوكب الذي تنتمي اليه وتتراكم بشكل بقع ، كما الزبد فوق سائل يغلي. وقد يحدث ان يتلاشى اعصار بكامله بفعل الاعصارات المجاورة ، وان تتغير النجمة الكائنة في وسطه، وتتحـول الى نيزك او الى كـوكب. وهذا الخطر لا يحدث بالنسبة الى اعصار خال من البقع، يحميه انتشار مادته. وبواسطة هذا النموذج اراد ديكارت ان يفسر حركة الكواكب والمذنبات، وان يفسر ذنب الشهب وان يحلل الانواء . وتتوسع « المبادىء الفلسفية » في مجال الفيزياء والبيولوجيا، لتتجاوز هذا النظام الكوني. ونكتفي بذكر مـا هو اساسي فيها يتعلق بالجاذبية الارضية .

والفضاء حول الارض ليس فراغاً ، والا لتطايرت الاجسـام التي فوق سـطحها في السـماء من جراء دوران الارض (لم يتردد ديكارت في العودة الى ذريعة قديمة قالت بها « المدرسة ») .

ويجب ان تعتبر الارض ، بحكم انها ليس لها بذاتها القوة لتدور حول نفسها، وكانها مجرورة بمادة السماء ، حيث هي في حالة سكون نسبي . ولكن مادة السماء فيها فيض من الحركة يحملها على البعد عن المركز ، مما يجعلها خفيفة بالنسبة الى الارض .

ومادة السماء لا يمكنها ان تقذف نحو الاسفل جسماً على مقربة من الارض ، الا اذا حلت محل هذا الجسم ، اذا كان A جسماً تحتوي مسـامه من مـادة السماء اقـل من الهواء الـذي يحاذيـه ، فمن المؤكد ، في نظر ديكارت ، ان هذا الفائض من مادة السماء يستطيـع ان يقرب A من مـركز الارض وبالتالي: « اعطاءه هذه الصفة التي تسمى الجاذبية ».

من غير المجدي الاشارة الى مدى امتلاء نموذج التفسير الديكارتي بالاوهام. ان العناصر التي هي فوق متناول حواسنا ـ وتسمى اليوم ، الخفايا ، او اللامرصودة ـ تعـطي عنده اشكـالاً ولا اغرب ولا اعجب. هذا النموذج قدمه ديكارت ، وكأنه بمثابـة التبيين الـرياضي، ولكنـه لا يشكل ، في اغلب الاحيان الا صورة ملونة وصفية ، مشبهة في هذا فيزياء المدرسة التي اراد ديكارت ان يستبدلها . اما ما تضمنه هذا النظام من تكميم مثل القاعدة حول صدم الاجسام ، فقد كـان ايضاً غـير صحيح امـام

التجربة . ولكن هذا النموذج كان مدهشاً ببساطة مقدماته ، وان لم يكن مقبولاً في اساليبه . وما قدم منه للعامّة جاء ليسد لدى الجمهور من المفكرين ، الحاجة الى نهج للفهم عقلاني في نظرته الى الظاهرات الفيزيائية .

III ـ باسكال واستاتية السوائل

نقل الهواء والخوف من الفراغ ـ الى باسكال والى اعماله المشهورة يعود الفضل في ربط ثقل الهواء برمز مدهش حطم خرافة الخوف من الفراغ . الا ان هذه الجاذبية قد اكدها العديد من السابقين مثل نيقولا دي كوي Nicolas de Cues ، بمعزل عن مسألة الفراغ .

ويبدو ان كاردان Cardan هو اول من استنطق التجربة بهذا الشأن ، في اطار النظريات ـ الضعيفة حتماً ـ حول مقاومة السوائل : فقد اعتبر ان الهواء اخف من الماء بخمسين مرة .

والى طبيب بيروغوردي Perigourdin ، هو جان راي Jean Rey ، يعود الفضل ، بعد 1630 ، في طرق المسألة عن طريق الكيمياء ، فعزا للهواء الزيادة الملحوظة في تكليس القصدير .

ومع اسحاق بكمان Isaac Beeckman ظهرت ، بدون ربط واضح ، مهمة ثقل الهواء ومعه وجود الفراغ . واسند بالياني Baliani الى غاليليه نفس الرأي .

كان «غاليليه» يؤمن ان كره الفراغ يمكن ان يكون محدوداً ، وتجاربه حول الثقل النوعي للهواء ، اعطته ثقلاً نوعياً للهواء اخف بمرتين . اما الاب «مرسين » فقد وجد بعد ان طبق ، بدون حصر ، على سقوط الاجسام في الهواء وفي الماء قوانين الديناميك المدرسي ، ثقلاً نوعياً للهواء اقل من ثقل الماء بألف وتسعماية مرة .

وخلال خريف الف وستماية وست واربعين (1646) كرر الاب (بتي) في روان امام باسكال الاب وباسكال الابن تجربة توريشلي Torricelli . وقد ترك عن التجربة رواية جيدة جداً تعتبر نموذجاً للتقارير عن التجارب اذ لم يترك في الظل اية تفصيلات تتعلق بالتنفيذ .

وقد اعاد بليز باسكال Blaise Pascal علناً هذه التجربة بعد ادخال تغيرات متعددة عليها ، وارسل ضد معارضيه تحديات حقة .

وفي سنة 1647 ، لم يجرؤ باسكال ، في « تجاربه الجديدة حول الفراغ » ، لم يجرؤ على الاعلان عن سفه القول بـ« الخوف من الفراغ » واكتفى محتذياً « خطى غاليليه» ، بالتأكيد على ان قوة هذا « الخوف » محدودة . وهي تعادل القوة التي لكمية من الماء ذات ارتفاع يعادل تقريباً واحداً وثلاثين قدماً . ولكنه منذ هذه اللحظة ادرك ما كان قد خفي على «غاليليه» . اي ان التجربة قد أُجريت دائماً فوق اوعية ذات اتصال حر بالفضاء . وقد خطرت له الفكرة بأن ضغط الهواء الجوي ، نتيجة ثقله ، هو الذي يرفع وحده الزئبق في انبوب «توريشيلي» . ولكنه اشار بنفسه الى الاعتراض الممكن ، (حيث التلميح الى « ديكارت » بدا واضحاً) اي ان ثقل الهواء لا يتعارض مع وجود مادة لا تُرى ولا تُسمع

ولا تعرف بالحواس، وهي تملأ الفضاء الفارغ ظاهرياً والذي يتكون فوق انبوب التجربة .

التجربة الكبرى ـ في هذا الاطار يجب ان نضع انفسنا لنفهم تجربة بوي دي دوم Dôme والتي نشر باسكال مستنداتها في تشرين الأول 1648 . وأول هذه المستندات رسالة من باسكال الى صهره « فلورين بيريه» Florin Périer مستشار في محكمة المساعدات في مدينة كليرمون، يطلب اليه فيها اجراء تجربة حاسمة مستفيداً من جواره لجبل أوفرنيه Auvergne العالي. وكان القصد اجراء التجربة العادية حول الفراغ ، اي تجربة توريشلي. عدة مرات في نفس اليوم، وفي نفس الانبوب، وبذات لحمية الزئبق، مرة في اسفل الجبل ومرة في اعلاه، على علو خمس او ستمئة «قامة» . ويضيف باسكال: « اذ من المؤكد انه يوجد هواء اكثر ، يزن اكثر عند اسفل الجبل، في المكان الذي لا يمكن فيه القول بأن الطبيعة تخاف من الفراغ عند اسفل الجبل اكثر مما في أعلاه». وهذه الجملة تبرز اصالة باسكال. فاصالته لا تكمن في التجربة بالذات بل بالايمان بنجاحها وتفسيرها . اننا نعلم بصورة افضل اليوم ان باسكال لم يكن الوحيد الذي يعتقد في ذلك الحين انه من المفيد التثبت ما اذا كان الزئبق يرتفع بنفس المقدار في اعلى الجبل كما في اسفله . والتعبير هو لديكارت، وبالضبط ايماء الى باسكال، في رسالة ارسلها الى مرسين في 13 ك1 1647 حيث دوّن الخصم الكبير للفراغ الملاحظات التي ابداها من جهته في ما يتعلق بالتغيرات ، البالغة بوصة واحدة في ارتفاع الزئبق، في ذات المكان وبحسب الظروف الجوية . ولكن رسالة مرسين تدل على ان حالة ديكارت لم تكن معزولة او فريدة. فالجميع كانوا يؤمنون في تلك الحقبة من التاريخ بثقل الهواء وبتأثيره على ارتفاع الزئبق. كما ان مسألة معرفة ما اذا كان بالامكان اثباتها بواسطة التغيير في ارتفاع مكان التجربة كان هو الشاغل في ذلك الوقت. وكان ديكارت محبذاً لها اما مرسين فقد كان موزعاً بشأن فكرة الفراغ، في حين ان روبرفال كان مؤيداً بشكل حاسم، وكان هذان الاخيران يشكان في نجاحها وبالتالي بفائدتها. ذلك ان كل شيء كان يتعلق بمقدار الاهمية التي يعزوها الفرقاء الى ثقل الهواء والى سماكته حول الارض. اذ بحسب ما كان مقبولاً بهذا الشأن كانت هناك شكوك حول كفاية ارتفاع جبل لاحداث تغيير في ارتفاع الزئبق ارتفاعاً بارزاً يميزه عن التغيرات الاخرى الملحوظة .

ومن الملفت ان نقرأ في تقرير « فلورين بيريه» Florin Perier حول « التجربة الكبرى » التي اجريت تحت اشرافه في 19 ايلول 1648، ان ذلك اليوم « كان يوماً غير مستقر ». ومع ذلك فان ارتفاعات الزئبق التي قيست عدة مرات في اسفل وفي اعلى جبل دوم، وكذلك في محطة وسط بين الاثنين، كانت دائماً هي هي تماماً . واذا كانت الملاحظات التي اخذت في القمة. وفي الموقع الوسط قد اخذت خلال مدة قصيرة، فان المراقب الذي ترك عند اسفل الجبل كان امامه النهار كله لكي يلاحظ ان ارتفاع الزئبق لم يتغير ابداً عن مكانه في مركزه هو، (هذا على الرغم من تقلب الطقس الذي بدا مرة صافياً ومرة ممطراً . ومرة مملوءاً بالضباب ومرة عاصفاً). من يصدقه ؟ حتى ولو اخذنا في الاعتبار ان قياسات بيريه، اعطيت بدقة ربع خط اي ما يزيد قليلاً عن نصف ملمتر. وفي هذا دقة كافية تجعل التأكيد على ثبوتية ارتفاع الزئبق في اسفل الجبل طيلة نهار كامل، ضمن ظروف جوية متغيرة امراً

مشبوهاً تماماً . وتقرير بيريه الذي صرح باسكال عنه :بأنه قد اوضح كل مصاعبه ، يستبعد تماماً ، عن طريق النفي ، ولاسباب تعليمية ما نستطيع نحن ان نسميه ظاهرات ثانوية .

والواقع ـ رغم عدم رغبة باسكال بالاعتراف بالامر ـ ان سبب نجاح « التجربة الكبرى » هو ان مقدار الفرق بين ارتفاعات الزئبق بين اسفل وبين ذروة جبل دوم (اكثرمن ثلاث بوصات) يتجاوز الى حد بعيد التغييرات الحاصلة ، حتى ذلك الحين بسبب من الاحوال الجوية ، مما يستدعي اعطاء فارق الارتفاع الاهمية الرئيسية . واصلاح تقدير ثقل الهواء النوعي ، المتغير مع الارتفاع . سنداً للمعدل المكتشف في « جبل دوم » استطاع الاب دي لامارMarre ان يتثبت من فرق مقداره اربع مليمترات ونصف بين اسفل واعلى ابراج نوتردام دي كليرمون، كما عثر باسكال نفسه على نتيجة من ذات النوع في برج سان جاك في باريس ، دون أن يخشى هذه المرة الظاهرات الثانوية ، في ملاحظات متقاربة جدّاً زماناً ومكاناً . .

ويبرز للعيان هنا، كم بدت هذه « التجربة الكبرى » التي قال عنها باسكال « ان رغبة شاملة جعلتها شهيرة قبل ان تظهر » ، فعالة . اذ اتاحت التنبؤ بنجاح تجارب اخرى اكثر ضماناً من حيث ثبات العنصر الرئيسي الداعم للارتفاع البارومتري . ولكن نرى ايضاً التحفظات التي يجب ابداؤها فيما يتعلق بحسميتها. ان التجربة الحاسمة هي التي تكلم عنها باسكال عرضاً في مطلع رسالته الى بيريه . انها تجربة الفراغ في الفراغ والتي تقوم، بمساعدة آلة خاصة ، على وضع انبوب تورشلي داخل فراغ بارومتري ، ثم الملاحظة بان الزئبق يسقط تماماً ، غير مضغوط وغير مواجه بأي هواء . ويعود الفضل الاول فيها بدون نزاع الى روبرفال، واذا لم يمكن الشك بميام باسكال باجرائها، كما يقول، لحسابه الخاص، فبالامكان الشك بتاريخ 15 تشرين الثاني 1647 المدون في رسالته الى بيريه في نشرة تشرين الاول 1648 . والدرس الايجابي المتحصل من نقد النصوص هو انه بخلال شتاء 1647 – 1648 عثر باسكال على سند يؤكد: ان الطبيعة لا تخشى الفراغ . . . ، وان كل المفاعيل التي اسندت الى هذا الخوف تتأتى عن الفراغ وعن ضغط الهواء ، انما لم يستطع اجراء التجربة الحاسمة بشأنها فقد اضطر ان يضع في مكان اخر تقديمه الاصيل .

وفضله يبقى في انه، خلال المجادلات المعقدة بين خصوم الفراغ وانصاره، استطاع ان يأمر وان يحصل على تحقيق تجربة مشهودة . حتى ولو أنه أهمل ذكرها بالتفصيل الدقيق عن عمد ، مضحياً بها من أجل دوغماتية جديدة .

البارومتر والآلة الهوائية الماصة ، قابلية الهواء للضغط ـورد الشيء الذي لم يرد في وصف التجربة الكبرى بغزارة في كتبه التي صدرت بعد وفاته حول توازن السوائل والثقل النوعي لكتلة الهواء ، وهما كتابان نشرا سنة 1663 . وظهر فيهما باسكال كفيزيائي ممتاز بفضل تنوع معداته التجريبية وبفضل دقة تحليلاته ، وحسن استخدام المقاييس متمكّناً من التقريب ، متحكّماً بهيكلية الألفاظ . ولا يدهشنا أن وجدنا في خاتمة هذين الكتابين فصولاً تعود كتابتها إلى سنة 1651 وفيها يذكر باسكال هذه الظاهرات الثانوية ، التي استبعدت من كتابه « قصة التجربة الكبرى » . وقد وصفها وصفاً جيداً حتى أنه وصف معدات أربع قادرة على تحصيل واكتشاف تغيير الظروف الجوية ، وبصورة خاصة أنبوب يتضاءل عطاؤه

كلما تضاءل الضغط الجوي .

ولكن تطبيق انبوب توريشلّي ذي الشكل الشاروقي (siphoide) للتنبوء بالمطر والطقس الجيد ليس من ابتكار باسكال . بل هو من صنع اوتو دي غريك Otto de Guericke ذي الاداة الشهيرة (عوام مرتبط بخيط مع تمثال صغير يتيح ، بواسطة تحركات ذراع ، تجسيد تغيرات الضغط الجوي) الموصوفة في كتاب اكسبريمانتا نوفا ماغديبورجيكا Experimenta nova Magdeburgica (1672) المنتهي سنة 1663 .

وكلمة بارومتر، هي تسمية متأخرة فرضت فقط بعد « بحث حول طبيعة الهواء » ونشر من قبل ماريوت Mariotte سنة 1676 .

كان اوتودي غريك تجريبياً رائعاً ، وقد اثبت مستقلاً عن توريشلي ثقل الهواء ومطاطيته . ولكن مواهبه العملية وجهته اتجاهاً آخر مختلفاً عن اتجاه باسكال . وقد حرص منذ 1632 على البحث عن آلة يمكنها ان تسحب الماء من اناء مملوء تماماً حتى يحدث فيه الفراغ . وادى به فشل محاولاته الى اجراء التجربة في اناء مملوء بالهواء فقط ، وهكذا توصل الى الآلة الماصة والى التجربة الشهيرة المسماة تجربة نصفي كرة مغديبورغ Magdebourg ، التي قدمت الى مجلس الديت Diète في راتيسبون سنة 1654 .

واعترف روبير بويل Robert Boyle (1627 — 1691) الذي ادخل بعض التحسينات على اوالية المضخة بابدال العامود الذى يتحكم بالمكبس بمعلاقة يحركها بالاتجاهين دولاب مسنن، وحقق بشكل مُرْضٍ تجارب غريك Guericke (وبخاصة تجربة الجُرَيْس المخبأ داخل الوعاء الفارغ والذي لم يعد يسمع صوته) بفضل شكل الجرس (القبة) الواسع الذي اعطي لشكل الوعاء ، اقول اعترف روبير بويل علناً بان غريك هو المخترع (نيو اكسبريمنت فيزيوكو مكانيكال ، 1660) . والى غريك ايضاً يعود الفضل في فكرة استعمال مانوميتر (مقياس ضغط سائل) مخصص للتثبت من ندرة الهواء والى حد ما لقياس الفراغ .

ان التحسينات المتتالية المُدْخَلةَ على الآلة ، من قبل هويجن Huygens ودنيس بابان Denis Papin وغيرهم من الفيزيائيين الاقل شهرة ، ـ تتناول تفصلات تقنية عملياتية (حنفيات ذات تثقيب مزدوج او مثلث ، صبابات ، الخ) بقصد تخفيف الخسائر او الفراغات المضرة . ولكن يمكن القول ان هذه التحسينات لم تتناول المبدأ الاساسي . ولكن في منتصف القرن 17 ، وبفضل باسكال واوتو غريك احتل الفراغ المكانة الثابتة في العلم . ونقع في الخطأ ، مع ذلك ، ان اعتقدنا ـ بذات الحقبة ـ ان التجربة البارومترية وتفسيرها السليم لم تعد تثير التناقصات . تناقضات نافعة اذ بفضلها تمت تجارب بويل Boyle حول مطاطية ومضغوطية الهواء (1661) . ولكن بويل لم يستكشف جدوى نتائجه الكمية وترك لتونيلي Towneley اسبقية تصور القانون وصياغته ، هذا القانون الذي يسمى خطأً ، حتى الآن ايضاً ، بقانون ماريوت : التناسب المتعاكس بين الحجم والضغط في الحرارة الثابتة . وادى هذا القانون

ـ الذي تكرر التثبت منه عدة مرات ـ الى سلسلة من التحسينات ادخلت على مضخات الضغط وعلى المانومتر ، ولكنه لاقى العديد من التناقضات . ويؤكد جاك برنولي ، خاصة سنة 1683 ، انه تحت حجم معين ، وعندما تتلامس خلايا الهواء كلها ، فان اي ضغط مهما كان لا يعود ممكناً . في حين كان ماريوت ـ الذي اقرَّ باهمية القانون والذي اعاد تجربته (1679) ـ يؤمن بوجود حدٍ آخر هو (استحالة تنذير الغاز تحت الجزء (4000) من التركيز العادي)، اثبت امونتون Amontons بطلان هذه الفرضية وان صحة قانون بوال ـ ماريوت Boyle – Mariotte مربوطة ببساطة بدرجة حرارة ثابتة (1702) .

الهيدرو ـ ستاتيك وطريقة باسكال ـ مهما كان مبدأ ارخميدس مدهشاً ، فلم يعدُ ان يكون قانوناً شاملاً . كان سيمون ستيفن ، الذي ورد ذكره في فصل سابق ، اول « معاصر » عرف كيف يتجاوز ارخميدس في تصوره فكرة الضغط ، الا ان باسكال هو صاحب الفضل بتوضيح موضوع الضغط . في الكتابين اللذين ذكرا أعلاه، والمنشورين سنة 1663، والمكتوبين على ما يبدو بين 1651 و1654، اعلن باسكال بوضوح انه على غشاء كتلة سائلة مستقرة تكون القوة الضاغطة في كل ناحية متناسبة مع سطح الانطباق .

وقد اعطى لمساعيه تبريراً اولياً يرتبط بستاتيك [ثبوت . جمود] الاعمال الممكنة عند ديكارت . فدفع مكبس صغير السطح في مكان ما، نحو داخل السائل، وبعمق معين يعادل دفع مكبس اعرض بمئة مرة انما على عمق اصغر بمئة مرة، في مكان آخر. في الحالين الكتلة المزحزحة هي نفسها. ويذكر باسكال الاستمرارية والسيولية ، ولكنه لا يرى انه يركز على لا انضغاطية السائل الذي عليه يحلل، اي الماء ، وعلى دوام الحجم، في كل تغيير للشكل انطلاقاً من حالة التوازن.

لا شك ان هناك شعوراً بعدم الثقة هو الذي يدفعه الى اضافة حجة لا يمكن ان يفهمها الا الجيومتريون وحدهم، وربما مررها « الآخرون ». سنداً لمجموعة مكبسي الآلة المائية الضاغطة في حالتها التوازنية ، ونظراً الى الترابط بواسطة السائل المحبوس في الاوعية المتصلة، اثبت باسكال إن مركز الثقل في المكبسين (اللذين يتناسب وزنهما مع مساحتيهما) لا يمكن ان ينزل، واستند بدون ان يقول، على مبدأ توريشلي بالنسبة الى الانظمة الوازنة. ولكنه قصَّر، حين اكد انه من الواجب « التسليم بان وعاء مملوءا بالماء ، وله فتحات، ولهذه الفتحات قوىً تتناسب معها، عندها تكون هذه القوى في حالة توازن. وفي نقل مبدأ الحد الادنى السائد في الانظمة الوازنة، لم يتجاوز باسكال مرحلة الطفولة الصغرى.

الا أنّ له الفضل في انه ترك للاجيال بعده عبارات رنانة : ان الوعاء المملوء بالماء هي آلة ميكانيكية من اجل تضعيف القوى. وعندما انتقل من الهيدروستاتيك، الى ثقل الهواء (الذي لم يعد احدٌ اليوم ينازع بشأنه»، اخذ يبحث في حساب كل كتلة الهواء الموجودة في العالم.

وتحدى آخر تلامذة ارسطو ـ الذين قبلوا التحدي الى حد ما ـ ان يبرروا عن طريق الخوف من

الفراغ كل المفاعيل التي يفسرها ضغط الهواء . وكان متمكناً من سر الكتابة والمناظرة . ونعرف عن طريق « الافكار » انه كان يرفض لنفسه اوالية ديكارت :

« ديكارت ـ يجب القول بصراحة : هذا يتم بالرسم والحركة . لان هذا حق . ولكن القول ما هما ، ثم تركيب الآلة ، ان هذا سخف، لان هذا غير مفيد وغير مؤكد ومتعب » .

ومع اعطائه المفاهيم الديكارتية سمة البراعة ، لقد فضل باسكال اذن اسلوباً يقوم على التصور السريع لمبادىء عامة ومنها ان التجارب (مثل صعود الماء في اجسام المضخة، وفي انبوب توريشلي) تغلب فيها العواقب اكثر مما تغلب فيها نقطة الانطلاق. ويعطي ما قلناه اعلاه عن التجربة الكبرى، من وجهة النظر هذه، فلسفة للطريقة الباسكالية عبر عنها بقوة ليون برونشفيك Léon Brunschivcg وبيير بوترو Pierre Boutroux .

وينزع العلم الحديث الى اعطاء ديكارت الحق، على الاقل لديكارت المجهول. وتنطلق النظرية الفيزيائية من التجربة لتعود اليها وهي تصوغ التنبؤات. ولكن في هذه الاثناء تبدو هذه النظرية حرة في مراقبة ما لا تمكن ملاحظته ومراقبة كل العناصر المجردة المفيدة في تحليلها، واذا بدا هذا ثقيلاً في بعض الاحيان ، الا انه لا يعتبر اقل فعالية ، ولا اكثر غموضاً من اعطاء الافضلية للمعلومات العامة .

IV ـ المدرسة الديكارتية

لقد كان ديكارت يعرف انه لم يعالج الا العموميات في الفيزياء ، ولكنه ظن انه وضح وصاغ المبادىء بشكل دائم ان لم يكن نهائياً . ولهذا دعا ، في مقدمة الطبعة الفرنسية لكتابه « المبادىء الفلسفية »، انصاره الى مهمة تجريبية :

« اعلم انه قد تمضي عدة قرون ، قبل ان تستخرج من هذه « المبادىء » كل الحقائق التي يمكن استخراجها منها. ذلك ان غالبية الحقائق الباقية للكشف، تتعلق ببعض التجارب الخاصة ، التي لا يعثر عليها بالصدفة ، بل يجب البحث عنها باعتناء وكرم من قبل اشخاص اذكياء جداً . » .

ان الفيزباء الذيكارتية علمت اولاً في اوترخت ثم في ليد. وكان اول استاذ ديكارتي، رينيري Reneri، قد عاش بحذر في الظل، ظل الفيلسوف. وبدأت المتاعب مع رجيوس Regius، الذي نشر في امستردام سنة 1646 « الفيزياء الاساسية » (فوندا مانتا فيزيا) فانكره ديكارت . ويجب الاعتراف اذا كانت متافيزياء ديكارت قد بترت جداً من قبل رجيوس فان المدرسية ظهرت من جديد في كتابه ومعها موكبها من الاشكال والتحوّلات والصفات .

ووفاء لذكرى المعلم، جهد كليرسيلي Clerselier في نشر رسائل ديكارت، فظهر منها ثلاثة مجلدات سنة 1657 و1659 و1666. واطال كليرسيلي، بمقدار ما اسعفته قواه، مع الاستعانة بشروح روهولت Rohault، النزاع الذي قام بين ديكارت، في حياته، وبين فرمات بشأن النموذج

الميكانيكي، المرتكز على تشاكلية [شبه في الشكل] دقيقة اعطاها، في كتابه « ديوبتريك » قوانين حول الانعكاس والانكسار.

روهولت - ولكن اكبر استاذ في العلم الديكارتي كان جاك روهولت، الذي ساد كتابه « الفيزياء » (1671) طيلة ستين سنة، وكان يدرس عادة في كمبريدج حتى زمن نيوتن.

شرح روهولت طريقة ممتازة بشرت بالقرن 18، وقد شجب بآن واحد التجريبية الخالصة وكذلك الاتكال المطلق على العقل. وقد ميز بين ثلاث فئات من التجارب: التجارب التي تقتصر على مجرد شهادة الحواس، والتجارب المفتعلة، انما التي لا تستطيع معرفة ما يمكن ان يحصل او ما يمكن ان يعرف. واخيراً التجارب التي يتوقعها التحليل العقلي. واذا كانت هذه الاخيرة هي الاكثر نبلاً والاكثر فائدة بالنسبة الى الفيزيائي، فلا يعني ذلك وجوب احتقار الشكلين الاولين للتجريب.

وبقي روهولت ديكارتياً فيما خص تعريف ودراسة انعدام الفراغ. لقد برر مبدأ الجمود ببراهين استمدها من غاليليه ومن ديكارت. وقواعده حول الصدمة تبدو ابسط واصح من قواعد ديكارت، ولكنها لا تترجم بأمانة إلا حالة الصدمة غير المطاطية. أما الهيدروستاتيك عنده فيلتزم بهيدروستاتيك باسكال في كل ما خص تجارب الفراغ. ولكن تأويله يبقى ضمن الروحية الديكارتية: هناك مادة حقة فوق الزئبق في انبوب البارومتر.

ويشير روهولت الى الملاحظات عبر الميكروسكوب، وبصورة خاصة الى التفصيلات التي تكشفها لنا هذه الملاحظات حول تشريح ليمونة، لكي يبرر اللاملحوظات في الاوالية الديكارتية. وهكذا يرفض « ان يقع في ضعف اولئك الذين يجدون تافهاً كل ما يعرض عليهم من الاشياء التي ليس لها علاقة بافكارهم الخام، عندما يكلمون عن مادة مرهفة يفتح تحركها وصغرها المجال امامها ويعطيها اينما كان مكانة ومقاماً ».

ان علم نشأة الكون (كوسموغوني) عند روهولت ينطلق من ثلاثة عناصر ديكارتية ولكن نموذجها مبسط.

درس روهولت بالتفصيل كل ظاهرات التوتر السطحي: العدسات المقعرة، صعود السوائل في الانابيب الشعرية. قال ليبنيز بهذا الصدد: « لا اعرف الا الانابيب الصغيرة انابيب روهولت التي تستحق اسم الاكتشاف الديكارتي ». ومدح فلورين بيريه Florin Périer وروهولت Rohault بما يشبه ذلك في مقدمته لكتب باسكال التي نشرت بعد وفاته.

وقد خدمت فيزياء روهولت، الانيقة والواضحة في كتابتها، والسهلة التناول امام جمهور كبير من الناس، اقول خدمت القضية الديكارتية، اكثر مما هو مطلوب، بحيث أنها شكلت عائقاً جدياً صد قبول ميكانيكيات جديدة اكثر تجريداً واعمق علماً.

تجب الاشارة، الى جانب روهولت، الى ريجيس Régis الذي فاق نشاطه الفلسفي نشاطه

العلمي باشواط . كان ريجيس عالماً موسوعياً، وميسراً ممتازاً للعلم. فقد عرف ان يلحق بالديكارتية الموسعة الوقائع الاخيرة المعروفة بفضل التجربة. وقد ساعد بما له من سلطة في تدعيم مركز الديكارتيين، رغم الاضطهادات الرسمية ورغم مقاومة الجسم التعليمي .

مالبرنش Malebranche ـ يعتبر مالبرنش المفكر الكبير الوحيد الذي نهج النهج الديكارتي في عصره. واذا كان قد بقي أميناً لطريقة ديكارت ولمبادئه، فانه اعطى لنفسه الحق بان لا يعتبر ديكارت معصوماً . فيقول : هناك حالات اخطأ فيها هذا الرجل العظيم . وينبهنا هو فيقول : « عند قراءة كتب ديكارت . . يجب ان لا نصدق شيئاً مما يقول الا اذا اجبرتنا الحقيقة على ذلك » . واذاً فرفض اي شيء بدون فحص يعني سلوك منهج ديكارت

لقد خالف مالبرنش ـ وبالنسبة الى نسبية الحركة، لا يعتبر قوله تقدماً ـ وعن عمد تناظرية ديكارت ، اي التناظرية التي وضعها بين السكون والحركة . فمالبرنش يرى ان السكون ليس الا « مجرد حرمان » لا يفترض على الاطلاق وجود ارادة ايجابية عند الله . وبالمقابل تقتضي الحركة « فعالية »، اي ارادة ليست الا للخالق .

ثم انه لا بد، من جهة اخرى، من سبب اخر غير مجرد السكون النسبي لاجزاء جسم صلب، من اجل تفسير التماسك. وقد وجد مالبرنش هذا السبب في حركة المادة اللطيفة التي تحيط وتضغط على اجزاء الجسم . وهو يفسر بنفس الشكل المرونة والسيولة. وفي كل هذا نلحظ قرباً من تجارب ليبنز في شبابه .

وفي موضوع الصدم يتفوق مالبرنش على ديكارت، ويأتي بعد هويجن Huygens ووالیس Wallis ورن Wren وماريوت Mariotte، اي انه تحكم بقوانين واضحة ، حلت محل قواعد ديكارت المسبقة. ولكن مالبرنش حرص على ان يفسر هذه القوانين تفسيراً فيزيائياً ، وفقاً للاسلوب الديكارتي :

« يقول مالبرنش في كتابه « البحث عن الحقيقة »: يبدو لي واضحاً ، ان كل جسم بذاته طري للغاية، لان السكون لا يمتلك ابداً القدرة لكي يقاوم الحركة ، وبالتالي ان اي جزء من اي جسم اذا دفع اكثر من الاجزاء المجاورة له فانه ينفصل عن هذه الاجزاء الباقية. بحيث ان الاجسام الصلبة لا تبدو كذلك الا بفعل ضغط المادة غير المرئية التي تجاور هذه الاجسام والتي تتسرب الى مسامها . . واذاً يجب ان ينظر الى الاجسام التي تسمى صلبة كما لو كانت طرية . على الاقل الى اللحظة التي يكون فيها ضغط المادة اللطيفة كاملاً يجعل هذه الاجسام متماسكة » .

ومالبرنش بهذا يزايد على فيزياء ديكارت ،إلا أنه يستفيد من فيزياء هويجن، فيستخدم الاعاصير او الدوامات بعد ان يستكملها ويضاعفها تضعيفاً لا نهائياً ، في التفصيل. ان حركة المادة الاثيرية لا تقتصر على الدوامات الكبرى التي تجر معها الكواكب حول الشمس، او التوابع حول الكواكب. وفي التفصيل الاخير تدور المادة بشكل دوامة سريعة جداً ، ولما كانت المادة تقسم الى ما لا نهاية له ، ولما كان السكون خالياً من الحركة فان الدوامات الصغرى هي التي تضطر بفعل مقاومتها المتبادلة ان تتعادل

فيما بينها، وان توازن حركاتها التي تؤمن تماسك الاجسام الصلبة فتضغط على اجزائها . وهكذا نجح مالبرنش بابراز نظام حق للعالم بفضل نموذج دوامي مزود بهيكلية رياضية لا تعرفها الدوامة او الاعصار الديكارتي.

« يقول مالبرنش : استطيع وبحق ان اصغر بملايين الملايين اقطار الدوامات الصغرى، اي بكلمة استطيع ان اعطيها صغراً لا حدود له، الامر الذي يعطيها قوة نابذة الى ما لا حد له » .

لقد قيلت الكلمة : انها القوة النابذة اي الهاربة من المركز، هي التي تجعل الدوامات الصغيرة عناصر كاملة المرونة مزودة بطاقة رهيبة ، عناصر تفسر الظاهرات الطبيعية : اثار الرعد، بارود المدافع وكذلك توليد النار ثم التفاعلات الكيميائية .

وتبدو الجاذبية في نظر مالبرنش ظاهرةهيدروستاتية لها مركز في وضع الكتل الاعاصيرية بقرب مراكز الدوامات الكبرى .

V ـ هويجن

كان هويجن ابن رجل ادب. وكان هذا الاب صديقاً ومعجباً بديكارت. وبفضل هذا الوسط المميز وضع هويجن على عتبة البحث باكراً . وقد ذكر بنفسه، في اواخر حياته، كيف ان الاطلاع المبكر على الفيزياء الديكارتية قد طبعت يفاعته .

« لقد وجد مسيو ديكارت الوسيلة لكي يجعل من ظنونه واوهامه حقائق . وقد حدث لاولئك الذين قرأوا « مبادئه الفلسفية » شيئاً شبيهاً لاولئك الذين يقرأون القصص السارة التي تحدث نفس اثر الوقائع الحقة. وجدة صور جزيئاته واعاصيره تعتبر تسلية في كتابه. وقد خيل إليّ وانا اقرأ هذا الكتاب « المبادىء » لاول مرة ان كل شيء في العالم يسير على افضل ما يرام ، وظننت، عندما كنت اعثر على بعض الصعوبات ، ان الخطأ مني ، باني لم افهم فكره. فقد كان عمري بين 15 و16 سنة. ولكني بعد ان عثرت من وقت الى آخر على اشياء ظاهرة الخطأ، وعلى اخرى غير معقولة ، فقد تراجعت عن الاهتمام الذي كنت فيه نحوه » .

قوانين الصدمة وانتقاد ديكارت ـ منذ 1652 اخذ هويجن يشك في صحة قواعد ديكارت حول الصدام بين الاجسام ، كما لم ترضه التفسيرات التي تلقاها من شوتن Schooten، الديكارتي المتزلم ، حتى انتهى به الامر الى التصريح في 29 تشرين اول 1654 : «إذا كانت كل قواعد ديكارت، باستثناء الاولى، غير صحيحه فذاك لانني لا اعرف التمييز بين الخطأ والصواب » .

ولم يعثر هويجن ايضاً على الصواب، في رأيه، في كتب ماركوس مارسي دي كرونلاند Marcus Marci de Kronland، بعد ان عثر عليه في انفرس في حزيران 1654. اذ ليس من المؤكد ان تكون القراءة التي قام بها مباشرة، في هذه الكتب، حول الصدفة التي تقع في الاجسام ، كانت بالنسبة اليه

بدون نتيجة ، ان تحليلات عالم براغ تركز على ظاهرة الصدم بالذات التي تجرح ، بخلال وقت قصير جداً ، الاجسام التي تتلامس وتحمل على التمييز بين الاجسام الطرية والصلبة ، علماً بان هذه الاخيرة تنقسم الى ركيكة (زجاجية) وتامة الصلابة (صوانية) . واذاً ظلّ تجريدياً خالصاً ومبهماً الاسلوب الذي استقى منه ماركوس مارسي Marcus Marci الدفع الذي تسببه الصدمة ، عند تحليله للتشويهات والتغييرات في الشكل، فان هذا الاسلوب يمتاز بانه يعارض المعالجة الجيومترية الخالصة للمسألة ؛ وانه يدخل فكرة الجرم، والعلاقة بين الاجرام كعناصر مميزة من شأنها التمكين من وضع بناء نظري . كما ان هذا الاسلوب ينطبق ايضاً على الحالات التي يكون فيها احد الاجسام في البداية ، في حالة سكون فيعطيه قيمة مثلية قد يكون لها أثر على مبدأ النسبية التي طبقها هويجن بعد عدة سنوات . ومهما يكن من أمر فأن هويجن أسر في 2 ت[2] 1657 إلى شوتن Schooten بما يلي : « أمتلك قواعد اكيدة (حول صدم الاجسام)، ولم يعجبني شيء أكثر من ان أراها تنطبق على التجربة » . ولكن كان من الواجب انتظار المسابقة المفتوحة من قبل (الجمعية الملكية) في سنة 1666، للحصول على الحل الذي وضعه هويجن وهو حَلٌّ لم يرسله إلا بعد تأخير، وبعد الحلول التي قدمها واليس Wallis ثم رن Wren .

وقدم واليس Wallis قوانين صحيحة عن صدمة الاجسام الصلبة (أي المحرومة من المرونة) أما رن Wren فقدم قواعد الصدمة المرنة ، دون ان يدعمها بتبيان حقيقي . أما مذكرة هويجن الاكثر علماً فقد عالجت ايضاً الصدمة المطاطة المرنة . وذلك انطلاقاً من مبدأ الجمود، من مبدأ النسبية ، وبحسب البديهية التي تقول، ان جسمين متساويين تحركهما قوتان متساويتان ، يصطدمان مباشرة فيقفزان، كل واحد منهما بالسرعة التي يمتلكانها ، اما مبدأ النسبية التي اشار اليها هويجن، فيقوم على الافتراض بأن ظروف الصدمة كانت هي ذاتها، في مرجع معتبر ثابتاً ، وفي مرجع متحرك ، يحركه بالنسبة الى الاول انتقال مستقيم وموحد، وبفضل هذا المبدأ استطاع هويجن ان يرد كل حالات صدام الاجسام المتساوية ، الى حالة التناظر، التي هي موضوع البديهية المشار اليها اعلاه. اما المسألة العامة، مسألة صدام جسمين غير متساويين، فقد تخلف هويجن، وكذلك رن عن اعطائها التبيان اللازم الذي لم يظهر الا في كتابه الذي صدر بعد وفاته : « موتو كوربوروم ....1700 » .

وقد عاد ماريوت الى نظرية الصدم في كتابه المسمى « معالجة الردة او صدمة الاجسام » 1673

ودون ان يجدد ماريوت Mariotte بصورة اساسية في الاعمال السابقة، فان كتابه هذا يتميز باتجاه واضح التجريبية . واقلع ماريوت عن الاجسام الصلبة ، تماماً بالمعنى الذي أراده واليس Wallis ، ولم يحتفظ إلا بالاجسام المرنة الشديدة المطاطية ، والمرنة بدون مطاطية أي الطرية جداً . وقد تميز ماريوت أيضاً بأنه اشار بأن كمية المادة من جسم ما وليس وزنه هي التي تتدخل في ضخامة كمية الحركة ، وبالتالي في الصدمة . واهتم ماريوت ايضاً في البحث عن مراكز الارتداد.

القوة النازعة والثقل ـ نعود الى هويجن والى اكتشافه الاساسي لقوانين القوة النابذة . ويبدو انه

قد جُرَّ الى هذا البحث بفعل قراءة غاليلية وديكارت، وايضاً بفعل الرغبة العملية في بناء ساعة ذات رقاص مخروطي .

واكتفى هويجن في حياته بان ينشر في نهاية كتابه الكبير : اورلوجيوم أوسي لاتوريوم L'Horologium oscillatorium (1673) ، (الاعلان عن 13 اقتراحاً حول القوة النابذة او النازعة عن المركز. ومع ذلك فقد كتب بعد 1659 بحثاً « في سنتريفوجه » De vi Centrifuga وهذا الكتاب لم يظهر الا في سنة 1703 .

ومن اجل دراسة النزعة النابذة لجسم مربوط في دولاب يدور، لجأ هويجن الى نقطة ارتكاز فعلية مرتبطة في الدولاب. ودلت اعتبارات جيومترية خالصة، بان الجسم اذا فرض انه ترك في نقطة A من الدولاب (وهرب عن طريق المماس) فانه يرسم في بداية هذه الحركة وبالنسبة الى النقطة A التي تدور مع الدولاب فضاءات تتزايد تزايد مربعات الاعداد الصحيحة المتتالية : 1, 4, 9, 16. . . . واذاً فكوناتوس Le Conatus الجسم المربوط بدولاب دائر هو نفسه كما لو كان هذا الجسم ينزع الى التقدم وفقاً لشعاع حركة متناسقة التسارع . ومن هنا تنبثق القوانينُ الكمية في ما يسمى Vis centrifuga، التي تعتبر في المرجع الدائر، .وفي نظر هويجن، قوة حقة كحقيقة الجاذبية الارضية .

في البحث عن مبدأ حفظي ـ صرح هويجن في كتابه حول الساعة ذات الرقاص « أورلوجيوم أوس لاتوريوم » L'Horologium Oscillatorium : « إن العالم الكبير مرسين أعطاني كما أعطى غيري ، عندما كنت طفلاً صغيراً ، البحث عن مراكز الأرجحة أو الاضطراب » . ان نقطة الانطلاق عند هويجن في هذا البحث سوف تكون مبدأ توريشلي Torricelli ، المعمم على عددٍ من الأجسام الثقيلة وبقولٍ آخر في كل حالات الأرجحة في الفراغ ، تصعد نقطة الثقل النوعي في النظام ، تماماً الى الارتفاع الذي سقطت منه . فضلاً عن ذلك قال هويجن بحفظ ما سماه ليبنيز بالقوة الحية ، في كل صدمة مطاطية . هذه الاعتبارات الطاقوية الأبسط جداً من الطريق التي سلكها ديكارت وروبرفال ، سمحت لهويجن ، بعد ان كان قد جرب بحذر أنظمة يتزايد تعقيدها ، بأن يحل هذه المسألة حلاً عمومياً ، وذلك بعد 1664 بالاستناد الى المخطوطات التي تركها . ولم ينل هويجن موافقة اجماعية من قبل معاصريه . وقد دخل ، في هذا الموضوع ، في نقاش كلامي مع الأب كاتيلان ، ومع جاك برنولي ومع مركيز ديلوبيتال de L'Hospital .

وقد عاد هويجن ، الذي جربَ في كل عمله الميكانيكي ان يدعم وان يضخم غاليليه، عاد الى تبين قوانين سقوط الاجسام ، مدخلاً في كل لحظة غير قابلة للانقسام زمنياً ، تركيب السرعة المكتسبة، وتركيب السقوط الجديد للاجسام .

نظرية الرقاص ـ عالج هويجن بواسطة هذه القوانين نظرية الرقاص . فقد عرف مع مرسين Mersenne، وعكس تأكيدات غاليلي، ان تواقت أرجحات الرقاص الدائري محدودٌ ومقصور على الارجحات الصغيرة .

بحث هويجن في تحديد مدة نزول الرقاص ومقارنتها بمدة السقوط الحر . ومن اجل حساب هذه المدة بواسطة طريقة اللامنقسمات ، أحل هويجن محل قوس الدائرة التي يرسمها الرقاص البارابول المماسي في النقطة الأسفل . وقد حصل بالتالي على مدة من التأرجحات الصغيرة في الرقاص . ولكن هذه النتيجة لم ترض هويجن لا كجوميتري ولا كساعاتي . فقد أراد ساعة تتواقت مع أيّ مدى كان . ولهذا يتوجب وجود نقطة في مكانٍ محدد بدقة فوق خط البارابول وقد حمله هذا الى إبدال الرقاص الدائري بالرقاص الدويري (cycloïdal) بعد أن قدم نظريةً كاملةً عنه وبالموازاة بين ساعات سيكلويدية في سنة 1657 .

نسبية الحركة بين غاليليه ونيوتن ـ لم ينقطع هويجن في كل حياته العملية عن التفكير في الموضوع الديكارتي حول نسبة الحركة ولهذا بدأ بمعارضة النسبية بالنظر الى الانتقال المستقيم المتسق (ويسميه الحركة المستقيمة) بالصفة الضمنية الداخلية للحركة الدائرية : « إن الحركة المستقيمة ليست الا نسبية بين مختلف الاجسام . والحركة الدائرية هى شيء آخر ولها مركز (؟) لا يوجد للخط المستقيم » وكان هذا المعيار بالنسبة الى هويجن ، توتر خيط تحت تأثير القوة النابذة لجسم مربوطٍ بهذا الخيط .

ولكن فيما بعد وبعد أن اطلع على مبادىء نيوتن ومعارضةً لمطلقات نيوتن عاد هويجن ، في موضوع النسبية الى الطرح الديكارتي :

« ليس بالامكان بأي شكل من الاشكال تصور الحركة الحقة والطبيعية لجسم صحيح وكأنها تختلف عن سكون هذا الجسم . وفي الحركة الدائرية كما في الحركة الحرة والمستقيمة ايضاً ، لا وجود الا للامر النسبي » .

ويعتبر عمل هويجن الحلقة الاساسية بين غاليليه ونيوتن ، ويقدم هذا العمل مثلاً اول عن علم متخلص تماماً من عقائد « المدرسة » . ويعتبر هويجن مثال الفيزيائي : دقيق جداً في مراقبة الوقائع ، الا انه لا يتصور التجربة الا في خدمة العقل .

VI ـ المدرسة الانجليزية بين ديكارت ونيوتن

في حوالي سنة 1650 انتشرت الفلسفة الديكارتية انتشاراً واسعاً في انكلترا . الا ان التيار الفكري الذي ساد في هذا البلد كان مختلفاً تماماً عن التيار السائد في القارة : فقد كان بآنٍ واحد مادياً اكثر، وذا نزعة تجريبية أقوى ، كما كان اكثر لاهوتية .

وكان هوبز Hobbes يعتبر بطل الاوالية الكاملة ، وذلك برفضه ما تضمنته طروحات ديكارت ، من روحانية ولو ظاهرة على الاقل .

إن الانسان يمكن أن يفسر بلغة الميكانيك . والرؤية تحصل من جهدين (أوكوناتوس Conatus)، أحدهما خارجي ، يأتي من الشيء ، في حين ينشأ الآخر فينا . ويُحْدِث الصدامُ استيهاماً ماهاه هوبز بعمل الرؤية .

والفضاء ذاته هو وهم لا نرى فيه شيئاً الا انه خارج منفصل عنا . والحقيقة المطابقة هي « الامتداد » الميزة الاساسية في الاجسام .

في الطبيعة، توجد حركة، ولكن لا يوجد زمن، لان الزمن هو وهم مجرد مرتكز على الذاكرة وعلى الاستباق .

والحركة لا يمكن ان تكون مفعولاً عفوياً - فالجسم لا ينتقل من السكون الى الحركة دون يحركه جسم آخر مجاور له .

وهوبز Hobbes متفق مع ديكارت في رفض الفراغ . وتعمير الفضاء كله بالاثير .

وحاول هنري مورHenry More وهو افلطوني من كمبريدج ان يدعم ، في مواجهة مادية هوبز ، حقيقة وازلية الجواهر الروحانية . وضد ديكارت ، رغم اعتباره اياه كأول مفكر في عصره ، رفض مماهاة المادة مع الاتساع . واخيراً ، واكثر من ديكارت ايضاً اصر على وجوب الحاجة الى تصور ديني لنشأة ولدوام ادارة العالم : وهذا ما سماه « روح الطبيعة » المفوضة من سلطة الله على المادة .

كان مور More مقتنعاً بوجود فضاء مطلق متسق وغير قابل للتغير، هو اطار ضروري للحركات . وهذا الفضاء هو جوهر روحاني ، يعطيه مور كما يعطي الخالق الصفات التالية : « البساطة الازلية الابدية الكمال الاستقلال الوجود ، البقاء بالذات ، عدم الفساد ، الضرورة أو الوجوب ، الاتساع والضخامة ، غير مخلوق وغير محدود ، بدون حدود ، دوام الوجود ، اللاجسمية ، النفاذ ، الشمول ، لكل الاشياء الجوهرية ، الحضور ، الحقيقة المطلقة » .

ومع روبر بويل Robert Boyle نعود الى فيزياء اكثر تحديداً . فبويل يعتبر ديكارت وغاسندي Gassendi كمعلميه، دون ان يهتم بخصامهما ، بدا ذرياً ونادى بفيزياء جزيئية ، تنسجم مع المبادىء الديكارتية . وهو مؤمن بوجود اثيرين مختلفين في الكون . الاول ينقل الاعمال الميكانيكية ، كما تنتقل الاجزاء عند ديكارت والثاني ينقل الاعمال المغناطيسية وفقاً لاسلوب جلبرتGilbert .

ولا يكتفي بويل Boyle بالاسباب الفعالة وحدها . ان العلم التجريبي عاجز عن اعطائنا تفسيراً للاشياء . وهذا التفسير يجب ان يفتش عنه خارج الاوالية : من الواجب اللجوء الى (فاعل) ذكي يتحكم بكل الاشياء .

واذا كانت المدرسة الانكليزية في عصرها لم تعلن قوانين وضعية كالتي وردت في ميكانيك نيوتن ، فان الميتافيزيك الذي استعمله نيوتن فيما بعد ، قد سبق ورسم ان لم يكن قد حدد .

VII - نيوتن

يعتبر عمل نيوتون الذي فتح امام الديناميك حقل نظام العالم ، ثمرة قدرة عجيبة على التجريد في خدمة الفكر الفيزيائي .

المفاهيم النيوتونية وقوانين الميكانيك - تبدأ « الفلسفات الطبيعية والمبادىء الرياضية » ، التي صدرت من كلية الترينتي Trinity ، في كمبردج ، في 8 أيار سنة 1686 ، بتعاريف وبقواعد او قوانين حول الحركة تشكل القانون الاول الذي رسم لعلم الميكانيك .

وفي هذا الكتاب يبدو مفهوم الجرم تحت اسم « كمية مادة » . وبواسطة هذا المفهوم عري نيوتن كل الاجسام من كل الصفات الغريبة عن فيزيائه الرياضية . وبالمقابل تحفظ في استخدام فرضية الاثير لكي يمكنن كل المسائل التي استطاع ان يربطها بفكرة الجرم .

وتتحدد كمية الحركة بحاصل ضرب الجرم بالسرعة والقوة المحرضة تتناسب مع الجرم ، وهي تعبر عن جمودية المادة . اما القدرة التأثيرية (Vis Impressa) فهي العمل الذي بموجبه يمكن لحالة جسم ما ان تتغير ، سواء كانت هذه الحالة الحركة المستقيمة والمتسقة او كانت سكوناً . وهذه القدرة التأثيرية يمكن ان تحدث بفعل المصادمة او التصادم ، والضغط او بفعل القدرة الذاتية (Vis Centripeta) وهذه القوة الاخيرة هي القوة التي تدفع بجسم ما نحو مركز ما . انها فعل مسافي . في حين ان القدرتين الأوليين هما فعلا مس .

ويميز نيوتن ايضاً بين الكميات المطلقة ، المسرعة والمحركة في القدرة الذاتية المركزية . ان الكمية المحركة هي التي تتدخل في القانون الاساسي للحركة .

وسواء تعلق الامر بالوقت او بالفضاء او بالمكان او بالحركة ، يطلب نيوتن التمييز ، امام هذه المفاهيم ، بين المطلق والنسبي ، بين الحقيقي والظاهر بين الرياضي والعامي . والمطلقات النيوتونية ، الزمن والفضاء هما مُطلقات مدرسة كمبردج : الفضاء المطلق كما فهمه هنرى مور Henry More ، وبصورة مباشرة ايضاً الزمن المطلق كما فهمه اسحاق بارو Isaac Barrow .

والى جانب الزمن المطلق يدخل نيوتن الزمن النسبي الظاهري العامي وإلى جانب الفضاء المطلق ، النسبي الذي هو من نفس طبيعة الفضاء المطلق إلا أنه يختلف عنه « بالعدد » .

والحركة بالنسبة الى نيوتن هي نقل جسم من مكان الى اخر . وهي مطلقة اذا كانت الامكنة المعتبرة مطلقة أيضاً ، وهي نسبية اذا كانت هذه الامكنة نسبية .

ولكي يتوصل نيوتن الى الحركة الحقيقية والمطلقة في جسم من الاجسام الف الحركة النسبية في هذا الجسم في المكان النسبي حيث ينظر اليه مع الحركة النسبية بهذا المكان بالذات في مكان اخر حيث

يوضع ، وهكذا دواليك ، شيئاً فشيئاً ، حتى يتم الوصول الى مكان لا يتحرك اي الى مرجـع او مرتكز الحركات المطلقة .

وعلى هذا فالحركات الظاهرة هي فروقات الحركات الحقة في حين ان القوى هي الاسباب وهي مفاعيل الحركات الحقة . وهكذا تتزيا القوة بسمة مطلقة .

ويعتمد نيوتـن كمرتكز مطلق ، محاور ترتكز على الشمس وموجهة رؤوسها نحو النجوم الثوابت . في هذا الاطار تكون الحركة الدائرية المطلقة حركة حقة ، وهو استنتاج سوف يرفضه هويجن فيما بعد كما قلنا . واول قانون للحركة اعلنه نيـوتن هو قانون الجمود : كل جسم يستمر في حالة السكـون او في حالة الحركة الموحدة التي هو عليها، ما لم تجبره قوة على تغيير حاله .

والقانون الثاني ينص ان التغييرات الطارئة على كمية الحركة تتناسب مع القوة المحركة ، وتحدث باتجاه هذه القوة : فلو فرضنا ان m هي الجرم $\vec{v}$ هي السرعة و$\vec{F}$ هي القوة وt هي الزمن فان هذا القانون يكتب بالترقيم الحديث $d\,(m\vec{v}) = \vec{F}\,dt$ (تغيّـر = d direction) .

والقانون الثالث يكمن في مبدأ تساوي الفعل وردة الفعل، في اعمال جسمين يتفاعـلان ولكن هذا القانون غير ذي قيمة في اعمال التماس . الا ان نيوتن يشمله الافعال من بعيد .

ويقدر نيوتن غاليليه، لجهة القانونين الاولين للحركة . في مجال قوانين الصدم يذكر ان سابقيه هم رن Wren ووالس Wallis وهويجن Huygens وماريـوت Mariotte . وقد قـام نيوتـون بنفسه بتجارب دقيقة حول اصطدام رقاصين ليتأكد من تساوي الفعل وردة الفعل، دون ان يستبعد الصدمات المطاطية بصورة غير كاملة ، حيث لا تحفظ السرعة النسبية الا ضمن حدود تقريبية (معامل ترجيع عند نيوتـن) .

الميكانيك ونظام الكون عند نيـوتن ـ بواسطة هذه المفاهيم وهذه القوانين، يبذر نيوتـن في كتابه المبـادىء كمية عجيبـة من التبينات الـرياضيـة معروضـة وفقاً للطراز الجيـومتري ، رغم ان اداة الاكتشاف كانت في بعض الاحيان حساب التدفقات او ما يسمى بحسابات التفاضل .

ولا يمكننا ان نفكر في تحليل عمل نيوتـن الكبير تفصيلاً ، في الكتاب الاول يبين نيوتـن انه بوجه عام ومطلق تكون حركة نقطة بتأثير من قوة مركزية ، مسطحة ، وتتم وفقاً لقانـون المساحـات ـ وهو قانون سبق ان وضعهكبلـر ، في حالة الدائرتين المتخارجتي المركز ، واشمله المدار الاهليلجي ـ اي ان الشعاع الذي يجمع النقطة المادية الى مركز القوة يمسح او يرسم سطوحاً متساوية في ازمنة متساوية .

ثم حدد فيما بعد بتحليل جيومتري بسيط ومباشر قانون القوة المركزية التي بموجبهـا يمكن رسم منحنى معين .

وبصورة خاصة اذا كان المنحنى اهليلجاً ، واذ اكان مركز القوة يحتل بؤرة في هذا الاهليلج فان القوة تكون متناسبة عكساً مع مربع البعد عن المركز .

ان حركة الاجرام السماوية تدخل هنا ولاول مرة ضمن ديناميك دقيق .

يتضمن هذا الكتاب ايضاً قواعد حول تجاذب الكرات، قواعد تتيح رد حالة الجسم الكروي المتناسق او المتكون من طبقات وحيدة المركز ومتسقة ، الى حالة نقطة مادية .

ويعالج نيوتن في الكتاب الثاني حركة جسم في وسط مقاوم، باعتبار ان المقاومة تتناسب مع السرعة او مع مربع السرعة. كما وضع نظريات حول مقاومة السوائل معتمداً نسبية مقاومة هذه السوائل مع مربع السرعة. وبحث في الجسم المتحرك ذي المقاومة الدنيا مع فكرة تطبيق هذه القاعدة في العمارات البحرية. ودرس سرعة انتشار الموجات، سابقاً بذلك لابلاس La Place. وقد ميز بوضوح مفاهيم المائع الكامل غير القابل للضغط عن المائع اللزج، (مع تعريف دقيق لتوتر اللزوجة) وايضاً الموائع القابلة للضغط. وقد تعمق نيوتن في دراسة مسار القذائف او المنحنى وبين بشكل مباشر وواضح وجود خط تقارب مع هذا المنحنى مهما كانت قوة السرعة التي تتناسب معها المقاومة .

ويعالج الكتاب الثالث نظام الكون. ويبدأ (بعد الطبعة الثانية التي نشرت سنة 1713) بقواعد فلسفية ، وينتهي بالظاهرات (التي هي رصودات فلكية) . ثم ينتقل الى المقترحات وينتهي بسلم عام يفسر لاهوتية المؤلف ويتضمن التصريح الشهير فرضيات non fingo .

ويدرس نيوتن فيه حركة التابعات لكوكب ما وحركة الكواكب حول الشمس على اساس الجاذبية الكونية. وبين كيف انه يمكن استنتاج العلاقات بين اجرام الكواكب وبين جرم الارض . وحدد الثقل النوعي للارض بين 5 و6. (القيمة المقبولة اليوم هي 5,5) . كما رقم جرم الشمس وجرم الكواكب التي لها توابع. وقدر انبعاج الارض بـ 1/23 (مقابل 1/297 المقبول حالياً) واعطى اول حساب يفسر مبادرة الاعتدالين، ودرس التغيير بحسب ارتفاع تسارع الجاذبية الارضية، كما عرف بالشذوذات الرئيسية في حركة القمر، وهي شذوذات تعزى الى جاذبية الشمس، كما وضع اسس نظرية المد والجزر واخيراً بين ان مسار المذنبات يفسر بجذب الشمس واوضح كيف يمكن حساب الظروف لعودتها ويبدو مجموع هذه الاكتشافات التي تلحظ المسار اللاحق لكل ميكانيك السماء ، بشكل عجيب حقاً .

الفلسفة العلمية لنيوتن - نعود لحظة الى « القواعد الفلسفية » التي وضعهانيوتن في مطلع كتابه الثالث. فالقاعدتان الاوليان يقصد بها فقط تحديد عدد الاسباب المأخوذة في الاعتبار لتفسير الظاهرات . اما القاعدة الثالثة فتهدف الى تذكية التشابه المولد ويقوم على اعطاء كل الاجسام بوجه عام الصفات التي هي من خصائص كل الاجسام التي خضعت للتجربة. وبفضل هذه القاعدة برر نيوتن ، بالمقارنة مع الجاذبية الارضية ومع جاذبية القمر على الارض الخ، تأثير الجاذبية الكونية. هذا دون ان يجعل من الجاذبية صفة اساسية في المادة، وذلك بسبب تغيرها بتغير المسافة .

وتفيد القاعدة الرابعة ان الاحكام الحاصلة بالاستقراء انطلاقاً من ظاهرات ما ، هي دائماً عرضة لاعادة النظر بفضل تجارب جديدة، لا بفعل فرضيات جديدة معاكسة .

وطالب نيوتن، متنبهاً بفعل الاعتراضات المحقة التي وجهت اليه من قبل الديكارتيين، بشأن نظامه حول العالم ، بحصره مراقبة بالتجربة فقط في هذا المجال.

وبوضوح اكبر ايضاً ، صرح نيوتن في « سكوليوم جنرال » Scholium generale الذي ورد في كتابه « المبادىء » (ابتداء من الطبعة الثانية) بانه لم يكن يريد وضع فرضيات :

« لقد شرحت حتى الآن الظاهرات السماوية، والظاهرات في البحر، بواسطة قوة الجاذبية، ولكن لم أُرد ، في اي مكان، سبب هذه الجاذبية .

وحتى الان لم اتوصل ايضاً الى ان استخلص من الظاهرات سبب هذه الخصائص . خصائص الجاذبية، **ولا اتخيل فرضيات** على الاطلاق لان كل شيء لا يستخلص من الظاهرات هو مجرد فرضية : والفرضيات، سواء كانت ميتافيزيكية ام فيزيائية ام ميكانيكية، او متعلقة بالصفات الخفية، يجب ان لا تستقبل في الفلسفة التجريبية .

في هذه الفلسفة ، تستخلص الاحكام من الظاهرات ثم تعمم بالاستقراء » .

ورغم هذا الاعتراف الوجداني الايجابي، فقد حصل لنيوتن، في « المبادىء » بالـذات ان خرج على موقف « الفرضيات » لا تفترض (Hypotheses non fingo) وعلى القواعد التي حددها بنفسه بشأن كل حدس وكل مشابهة تعميمية . نعطي لذلك مثلاً :

« ان الابخرة التي تتناثر من الشمس ومن الكواكب الثابتة ومن مخلفات المذنبات ، قد تسقط بفعل ثقلها في فضاء السيارات، وفيه تتحول الى ماء والى رطوبات ، ثم بفعل حرارة كامنة ، تتغير قليلاً قليلاً الى املاح او كبريتات او ملونات او طمي او صلصال ، او طين، او وحل او رمل او حجر او صدف او غيرها من المواد الترابية » .

ان الموقف « الفرضيات لا تفترض » هو تراجع تكتيكي عند نيوتن . فقد قرف من المناظرات التي فرضت عليه في مجال البصريات ، فاراد ان يختصر كل نقاش ـ لا اكراه جماهيره ـ فاعطى لفيزيائه اساساً تجريبياً متيناً ولغة رياضية خالصة .

وعلى هذا النحو، « يصبح العالم الخارجي عالماً قاسياً بارداً ، بدون لون ، صامت وميت ، عالم كميات ، عالم الحركات المنتظمة انتظاماً رياضياً . امّا عالم الصفات النوعية المرئية مباشرة من قبل الانسان فمردود الى مرتبة ذات مفعول متدنٍ في هذه الآلة الضخمة ». (ي . آ. برت : المؤسسات الميتافيزيكية في علم الفيزياء العصري) .

ان تكون فيزياء نيوتن الرياضية الخالصة قد نجحت ، وان تتم تعريتها من الاستقراء الذي هو في اصل نشأتها وتفريغ المطلقات النيوتونية من محتوياتها الميتافيزيكية والتيولوجية ، واستبعاد الاسباب الغائية التي تَذَرَّعَ بها نيوتن وأثارها ، وتناسي كل الأشكال وكل الوظائف التي زود نيوتن بها الاثير البصري واثير الجاذبية الارضية ، تم التغاضي عن الدور الذي اعطاه للجاذبية الكونية كمبدأ

ناشط، سواء على الصعيد الكوني أم على المستوى الذري، والتقبل المطلق للاعمال من بعيد التي تجتاز بسرعة خاطفة الفراغات الفضائية الكبرى، ثم التوصل الى جعل الجاذبية الكونية عقيدة، كل ذلك هو تراث منتشر تماماً ، ولكنه يبسط جداً تعقيدات البناء النيوتني[1]

الواقع ان نيوتن كان عرافاً حقاً [صاحب رؤى]، لم ينفك طيلة حياته العلمية ، يحرك الفرضية بخيال الاكثر حيوية والاكثر جرأة. فنيوتن « المبادىء » الذي لا يريد اعطاء الآخرين الا اليقينيات الرياضية ، يقابله نيوتن « الاوبتيكا » ، الاكثر شفافية والاكثر تفسيراً للصور التي استخدمت كدعامة لفكره الخلاق . .

كان الفكر الفيزيائي عند نيوتن مقروناً بتيولوجيا ، يتوجب علينا ان نقول بشأنها بعض الكلام ، خاصة وان نيوتن كان له في الاصل ، اشياع ، في هذا المجال ، اكثر من اشياعه حول فيزيائه الرياضية بالذات .

ان الترتيب الذي يسود نظام العالم هو من صنع كائن قدير وذكي . ان الله موجود « جوهرياً » في كل مكان ، ودائماً . ونحن لا نعرفه الا عن طريق البنية الممتازة للاشياء و عن طريق الاسباب النهائية . ان التنوع الذي يسود كل شيء في الزمان وفي المكان لا يمكن ان يصدر الا عن الارادة الآلهية وعن الحكمة الإلهية .

والفهم البشري ليس الا الانعكاس المتناهي الصغر للوجدان الآلهي . ويذهب نيوتن في « الاوبتيكا » الى حد جعل الفضاء اللامتناهي « عالم الحس » (Sensorium) حيث يشاهد الله ويفهم كل الاشياء التي تعرض عليه عرضاً آنياً مباشراً » .

ان تناسق الكون هو من فعل ارادة قاصدة ، واختيار وليس فعل صدفة . اذ ليس لاي سبب طبيعي قدرة كافية على احداثه .

نيوتن ضد ديكارت - كان نيوتن يعرف انه سوف يواجه بطروحات الأوالية الديكارتية . ولهذا حرص على دحضها منذ البداية . ولهذا بين استحالة العثور ، كمياً ، على القانون الثالث الذي وضعه كبلر Kepler اذا افترضنا ان الكواكب التابعة تحملها الاعاصير - مع افتراض ان الافعال المتبادلة بين طبقات الاعاصير تتبع قوانين السوائل اللزجة . وكان نيوتن يعلق اهمية بالغة على هذا الدحض : « من المؤكد (صرح بهذا في السكولي في نهاية الكتاب 2 من « المبادىء ») ان السيارات ليست محمولة بأعاصير مادية . . . ان فرضية الاعاصير تتعارض مع كل الظاهرات الفلكية ، بل هي اولى ان تشيع فيها الاضطراب ، لا ان توضحها . ولكن يمكن ان نفهم من كل ما قيل في الكتاب الاول

(1) من اجل تحليل اوضح يراجع : ر. دوغاس : R.Dugas الميكانيك في القرن 17 (نيو شاتل Neuchâtel وباريس 1954) آ. كواري A.Koyré : من العالم المغلق الى الكون اللامتناهي (باريس 1962 ودراسات نيوتونية (باريس 1968) .

كيف يمكن لهذه الحركات ان تحدث بدون اعاصير، في فضاءات حرة. وهذا سوف يفسر بصورة افضل في الكتاب الثالث » .

في مكان آخر (اوبتيكس، Opticks كيري 28,Query) وضع نيوتن ، بوجه اعم، استحالة الحركات في « ملآن » ديكارت. فمن اجل التعبير عن الحركات المنتظمة والدائمة ، لدى السيارات والمذنبات، من الواجب تفريغ السماوات من كل مادة وربما باستثناء بعض الابخرة النادرة جداً ، وهي وهج يتصاعد من اجواء الارض، والكواكب السيارة والمذنبات، ومن وسط اثيري نادر جداً. . . ان السائل الكثيف لا يمكن ان يستخدم لشيء من اجل تفسير الظاهرات في الطبيعة. . . مثل هذا الوسط لا يمكن ان يستخدم الا لشلّ ولتأخير حركة الاجسام الكبرى وإضعاف اطار الطبيعة. وفي مسام الاجسام لا يستخدم هذا السائل الا لايقاف الارتجافات في اجزاء هذه الاجسام التي فيها تكمن حرارتها ونشاطها . ولما كان لا يستخدم لشيء ، ويعيق عمليات الطبيعة ولا يستطيع الا ان يضعف هذه الطبيعة، فلا يوجد اي دليل على وجوده وبالتالي يتوجب رفضه » .

وقد حارب نيوتن ايضاً حفظ الحركة بالمعنى الديكارتي. وفي هذا الوقت ارتكب خطأً ـ ربما مقصوداً ـ خطأ احتساب صفات الحركة حسابياً ـ كما سبق ان فعل ديكارت ـ بدلاً من ان يوجهها . وهذا هو استنتاجه :

« نظراً للتنوع ، وللحركات المتناقصة باستمرار، والتي نجدها في العالم، نتأكد من ضرورة الاحتفاظ ومن ضرورة تقوية للحركة بواسطة « مبدأ ناشيط »، مثل سبب الثقل، وبه تكتسب الاجسام سرعات كبرى وهي نازلة ، ومثل سبب التخمير، وبه يكون قلب ودم الكائنات الحية في حركة دائمة ، والأجزاء الداخلية للارض تبقى حارة دائماً ، وبدرجة عالية جداً احياناً ، الاجسام تحترق وتشع، والجبال تلتهب، واغوار الارض تنفجر، وتظل الشمس تدفىء كل شيء بنورها . اذ لا نلاقي الا القليل من الحركة في هذا العالم ، حركة ليست اثراً من اثار المبادىء الناشطة . وفي حال عدم وجود مثل هذه المبادىء ، فان أجسام الارض والسيارات والمذنبات ، والشمس وكل الاشياء ، تصبح باردة ومجلدة وتتحول الى كتل جامدة لا حياة فيها . وتتوقف الحياة، مع كل تخمير، ومع كل خلق ومع كل استنبات وتترك السيارات والمذنبات مداراتها » (اوبتيكا ، كيري 31) .

ومهما كان ميكانيك ديكارت واهياً ، ومهما كان ميكانيك نيوتن قوياً ، فيجب الاعتراف بان هذه الصورة الخيالية تتراجع بالنسبة الى الأطروحة الديكارتية حول حفظ الحركة ، في حين يبدو التدخل الثابت للمبادىء الناشطة، متجاهلاً لكل استقواء .

ومن الحق الاشادة بان نيوتن قد صحح هذا الحكم. وان هو زعم، مع ديكارت، ان العالم لم يكن ليخرج من الفوضى الاساسية، بفعل القوانين الطبيعية وحدها، الا انه يقول بان هذا العالم يمكن ان يستمر « طيلة اجيال » سنداً لهذه القوانين .

ولم يكن نيوتن ليجهل تنكر الديكارتيين للصفات الخفية . ولهذا حرص على التأكيد بان

التجاذب، كما يفهمه، هو صفة ظاهرة : « يقول : لا ارى [المبادىء الناشطة ، مثل مبدأ الجاذبية] كصفات خفية مفترضة ناتجة عن الشكل الذاتي للاشياء ، بل كقوانين عامة في الطبيعة ، وبها تتكون الاشياء : ان حقيقتها تبدو لنا عبر الظاهرات ، وان لم تكتشف بعد اسبابها. لان هذه المبادىء هي صفات ظاهرة ، ولكن اسبابها فقط هي الخفية . » (اوبتيك ، كيري31) .

كان نيوتن، عندما كتب لبنتلي Bentley، وهو اول انصاره الكهنوتيين ، يخشى ان يميل هذا الاخير الى اعتبار الجاذبية صفة بالمعنى المدرسي للكلمة .

« انك تتكلم عن الجاذبية وكانها شيء اساسي وملازم للمادة. ارجوك لا تعز اليَّ هذا المفهوم لاني لا ازعم اني اعرف سبب الجاذبية ، واني احتاج الى مزيد من الوقت لكي انظر فيه » .

استقبال نيوتن في القارة الاوروبية ـ كان العلم النيوتني يذهب لملاقاة عالم ديكارتي غير مستعد ما امكن لاستقباله ، وفي اغلب الاحيان غير قادر على متابعته . كان ذلك في الوقت الذي كان فيه فونتنيل Fontenelle ينشر بين الناس اعاصير ديكارت في اللطيف من « احاديث حول تعدد العوالم » . وكان الناقد في « جريدة العلماء »، الذي كان يحلل « المبادىء » لنيوتن، ـ مع الاشادة بكمال هذا الميكانيك ـ يعتبر هذا الميكانيك عارياً من اية قيمة فيزيائية ، باعتباره غير مستجمع الشروط المطلوبة لفهم الكون .

والعيب الرئيسي في نظر الديكارتيين ان نيوتن ، حين احل الجاذبية محل فعل التماس البسيط ومحل الدفع ، فانه اعاد الاعتبار الى صفة من الصفات التي انكرها القرن .

حتى ان فكراً عظيماً كفكر هويجن فضل ترقيع وتصحيح اعاصير ديكارت على القبول بالجاذبية وبالمطلقات النيوتنية.

واقنعت قراءة « المبادىء » هويجن ، وكان يشك بها كثيراً من قبل، بصحة قوانين كبلر ، وببطلان الاعاصير كما يفهمها ديكارت. انما يجب ترقيع العقيدة الميكانيكية. وكتب هويجن في مذكراته : « اعاصير حطمها نيوتن . اعاصير حركة كروية مكانها . يجب تصحيح فكرة الاعاصير .

اعاصير ضرورية ، الارض تهرب من الشمس. ولكنهما بعيدتان ، الواحدة عن الاخرى، وليستا متلامستين ككرتي « م . دي كارت » .

ذلك هو موضوع « خطاب حول سبب الجاذبية الارضية » الملحق « بكتاب النور » لهويجن في طبعة ليد (1690). في هذه المذكرة، يطور هويجن نموذجه الميكانيكي حول الجاذبية الارضية ، ويبدو كانه يأسف لانه لم يعرف كيف يسبق نيوتن، نتيجة تخلفه عن تعميم الجاذبية الارضية لتشمل القمر والشمس، وهو امر كان ممكناً بفضل القوانين الكمية في « القوة المركزية » (Vis Centrifuga).

اما ليبنيز ، فلكي يفسر على طريقته حركة الكواكب، فقد ربط بآنٍ واحد دوران المائع، والقوة

النازعة والجاذبية الكونية . وبيّن له هويجن الى اي حد يبدو له هذا المدخر خصباً ، لان قانون عكس المربع وحده، مضافاً الى القدرة النازعة ، يعطي مدارات كبلر الاهليلجية .

VIII - ليبنيز

بدأ ليبنيز في الميكانيك، بـ « تيوري موتيس ابستراكتي » Theoria motus abstracti (1671)، وهي نظرية عقلانية خالصة مرتكزة على فكرة كوناتوس (Conatus) بمعنى هوبز Hobbes. وقد دافع ليبنيز عن هذه المغالطة بان الـ كوناتوس Conatus، مهما كان ضعيفاً ، له خاصية الانتشار الى ما لا نهاية في الملآن (عكس الفراغ) وانه يلتصق بكل حاجز جامد، مهما كان كبيراً . هذه النظرية لا تثبت باي شكل امام التجربة .

لقد كان هدف « تيوري موتوس كونكرتي » Theoria motus concreti او « فرضية الفيزياء الجديدة » حل التناقض بين الفيزياء المحددة والحركة المجردة . والاثير، الذي يملأ كل الفضاء ، هو بآنٍ واحد عامل الجاذبية وسبب الحركات في النظام الشمسي ونظام المرونة ، وهي خاصية كونية في الاجسام الحساسة .

في 1686 اطلق ليبنيز الهجوم الذي كان يُعدُ له منذ زمن بعيد ضد القانون الديكارتي حول حفظ الكميات من الحركة . والطاقة الحركية لا تقاس بحاصل ضرب « الجسم » بسرعته ، بل بالمفعول الذي تحدثه هذه السرعة مثل الارتفاع الذي ترفع به جسماً ثقيلاً ، لا السرعة التي تدفعه بها . وبحسب قوانين غاليليه، تكون « القوة » بالمعنى الذي قصده ليبنيز ، متناسبة مع مربع السرعة . هذه القوة التي يسميها ليبنيز « القوة الحية » (بالنسبة الى القوة الثابتة او القوة الميتة) تبقى محفوظة وحدها في الطبيعة ، كما اثبت ذلك هويجن .

وليبنيز ، حين كتب الى ارنولد Arnauld في 28 تشرين الثاني 1686، فتح النزاع حول « القوى الحية » الذي دام حوالي ثلاثين سنة وتغذى بصورة اساسية بالامثلة المأخوذة من صدمة الاجسام .

كان الديكارتيون يزعمون ان مجموع كميات الحركة يُحفظ في الصدمة . وكان الليبنيزيون يرفضون ذلك وينادون بحفظ بمجموع القوى الحية أثناء الصدمة. هذا النزاع ظل الى حد بعيد نزاعاً كلامياً، لأن الفريقين كانا متفقين حول نفس قوانين الصدمة، وكانت الاخطاء موزعة : فقد كان على الديكارتيين ان يوجهوا توجيهاً صائباً كميات الحركة ، وكان على الليبنيزيين ان يقصروا حفظ القوى الحية على حالة الاجسام المرنة تماماً، فقط .

وادخل ليبنيز ايضاً ، في الميكانيك ، وذلك بشكل اسمي خالص، مفهوم الفعل المحرك ، وكان يريد احلاله محل كمية الحركة . ان هذا العمل يقاس، في حالة حركة موحدة متسقة ، بواسطة الصيغة ((mv s)) حصيلة الجرم بالسرعة وبالمسافة المقطوعة . واعطى ليبنيز لهذا الفعل المحرك صفة مطلقة

وجعل من حفظه قانوناً طبيعياً . وقد ميَّز ايضاً بين المفعول الشكلي لهذا العمل، وهو مجرد نقل او تحويل يمكن ان يعبر عنه بـ((m s)) وبالنشاط او الحركية (v) التي يحدث بها هذا المفعول الشكلي[1]

ولكن العنوان الاساسي عند ليبنيز في الميكانيك انه عرف، فيما خص الحساب التفاضلي والتكاملي، كيف يلقي لاول مرة جسراً بين الديناميك والستاتيك ، وذلك بجعله القوة الحية تنبع من عدد لا يحصى من التأثيرات المستمرة للقوة الميتة (او القوة الجامدة) . لقد بحث ليبنيز ووجد في هذا القانون الترضيات الميتافيزيكية التالية: ادخال « مطلق » هو القوة الحية (التي ليست والحق يقال ، الا متحركاً لا يتغير ملحوظاً) ، احترام مبدأ الاستمرارية، واخيراً معادلة كاملة بين السبب الكامل والمفعول الكامل .

يندرج ميكانيك ليبنز ضمن ميتافيزيك يعطي للحركة حقيقة كبيرة مرتبطة بالنشاط وبعفوية كل جوهر لا يحدث له شيء ان لم يكن نابعاً من ذاته، وذلك بفضل الانسجام المسبق، دونما تصارح مع جواهر اخرى. ويحارب ليبنز بآن واحد، الفراغ، بحجج ميتافيزيكية خالصة ولاهوتية ، ويحارب الذرات ، باسم مبدأ الاستمرارية . ويحارب الكل دون ان يقبل بالامتداد الديكارتي. اذ في نظر ليبنز ، ليس الامتداد الا صفة بسيطة تعبر عن الحالة الراهنة ، التي لا يمكن ان تكون منبعاً لاي عمل ولا لاي تغيير، في حين ان مفهوم الجوهر يجب ان يتضمن كل ماضيه وكل مستقبله. واخيراً يدافع ليبنيز، في مواجهة المطلقات النيوتونية، عن النسبية الخالصة في ظاهرات الحركة، وبالتالي عن معادلة الفرضيات الفلكية .

حصيلة القرن السابع عشر - من العبث محاولة تلخيص فكرة معقدة كتعقيد فكرة مؤسسي الميكانيك . والرسالة الجماعية التي تركها لنا القرن السابع عشر ما تزال قيد البحث، ونأمل ان تكون قد بيّناها، من بين ظروف صراع دائم في كل حين. ان مفكري القرن الكبار لم يكتفوا بمقاومة « المدرسة » فقد تحاربوا فيما بينهم بمرارة بل واكثر، اما مباشرة واما بواسطة محازبيهم . ولم يكن ميكانيك القرن السابع عشر الا ميداناً علمياً يبحث عن مبادئه الذاتية ويسعى الى اكتشاف منهجيته ومبادئه الأولى. وكان من الضروري ان تحصل ولادته وسط منازعات ميتافيزيكية ولم يكن الفصل ممكناً الا بعد حين بين الفكر الميتافيزيكي، والمجمل الاكثر تواضعاً للمقومات الضرورية والكافية لممارسة العلم الوضعي. لقد افرزنا مكاناً واسعاً للفكر الميتافيزيكي وكان هذا ضرورياً . واليوم يسود الميل الرامي الى تجاهل مسائل هي اساسية كما هي ابدية . وقد حاولنا ان نستخرج المسائل الثانية. وهي مصنوعة من الدقة المتصاعدة في المفاهيم وفي اللغة ، كما هي بحاجة الى وضع تحليل رياضي يستعمل ويستخدم بآن واحد تقدم الآلة الرياضية ، والتنسيق بين المسائل الخاصة التي طالما شغلت العلماء في هذا القرن ، وذلك ضمن نمط محدد من البنيات . وبواسطة اساليب مختلفة ، في نهاية القرن، ومع هويجن وليبنيز ونيوتن أمكن الاعتقاد بتحقيق خطة فهم عالٍ وعقلاني كان غاليليه يتوق اليه ، فيما خص علم الحركة . ولم يبق ، والحق يقال ، إلا التنظيم والتقييم .

---

(1) يرمز الحرف m إلى الجرم أو الكتلة ، الحرف v إلى السرعة والحرف s الى المسافة .

الفصـل الثالث :

العصر الـذهبي لعلم الفلك القائم عـلى الملاحظة

في مجال علم الفلك يعتبر القرن السابع عشر حقبة ذات تجديد عجيب. ومن المـلاحظات التي جمعها تيكوبراهي Tycho Brahé وهو مفكر عميق وخيالي، وكبلر، سوف تستخرج صياغة قـوانين ذات بساطة مدهشة ميزت العلم الحديث ولونته. وبان واحد استعمل غاليليه منظار التقريب من اجل رصـد السماء ؛ وفي الحـال فتح عصر اكتشـافات متنـوعة وكلهـا اساسيـة ساهمت في اعـداد التأليف والتركيب النيوتوني. ان العصر هو عصر الرصاد : وابسط الة كانت تكشف يومئذ عن مـظاهر غـير متوقعة للكون.

وهكذا تأكدت التصورات الجريئة عند كوبرنيك Copernic واستكملت. اما البقايا المدرسيـة فسوف تزول بصورة تدريجية. وتم اكتشاف أشياء جديدة. ولم يعد الناظور آلة للتأمل فقط ؛ بل سوف يكون وسيلة قياس. واستفادت من هذا التقدم في مجال علم الفلك وتجهيزاته الأكثر كمالاً، الجغرافيا والملاحة والجيوديزيا وكل الفيزياء. وأصبح توليف قوانين الكون ممكناً، وسرعان ما تمكنت عبقرية نيوتن الرياضية من صياغتها. وظهرت أهمية هذا التجديد وعمقه في تفصيلات حياة علماء الفلك. وفي مطلع القرن لجأ كبلـر الى المتاجرة في الرزنامات وايضاً الى التنبؤات الفلكية لكي يسد احتياجاته. وفي سنة 1675 منح شارل الثاني معاشاً لأول فلكي ملكي في انكلترا، مع تكليفه بمهمة العمل من اجل تحديد دقيق لخطوط الطول خدمة للملاحة. وفي مرصـد باريس الجـديد ارتـأى كولبـر Colbert أن يقيم اكاديمية العلوم الجديدة. وبين يوم ويوم تكاثرت تفاعلات تقدم العلم وتطور المجتمع. وهناك مشهدان يستطيعان تقريباً تحديد مرحلة تاريخ علم الفلك، سوف نصفهـا : في سنة 1610، ومن اعـلى جبل كومبانيل Campanile، دُعي محافظ جنوا من قبل غاليليه لمراقبة توابع جوبيتر. وفي سنة 1671 زار الملك لويس الرابع عشر مرصد باريس. واصبح علم الفلك، ومعه كل العلوم ظاهرات اساسية في تاريـخ العالم.

I ـ ثورة مطلع القرن

خلفاء تيكوبراهي Tycho Brahé ـ توفي تيكوبراهي في فجر القرن السابع عشر (خريف 1601).

ولكن عمله الضخم كراصد منهجي كان له تأثير عميق على الحقبة التي فتحت: والتوثيقات التي خلفها سوف تستعمل لمدة طويلة. وكانت تتضمن، بالقوة، استنتاجات كان لا بد من صياغتها بشكل واضح .

ونجح كبلر في ذلك، بشكل افضل ولا شك مما كان يقدر عليه تيكوبراهي . وعرف كبلر وغاليلي كيف يقدمان لنظام كوبرنيك البراهين التي لا تدحض والتي كانت تنقصه .

كبلر ـ جوهان كبلر Johannes Kepler، ولد في 27 كانون الاول 1571 في ولدرستاد ، في مقاطعة ورتنبرغ . ودرس علم الفلك في توبنجن ، بالقرب من الكوبرنيكي مستلين. ولما اصبح الرياضي الاميري، في ستيريا ، سنة 1594، نشر بعد ذلك بقليل كتابه الاول (برودروموس Prodromus) ..(توبنجن 1596) واذا كانت مؤلفاته اللاحقة قد صنعت له مجده ، فان بعض مظاهر هذا المجد تستحق ان يشار اليها .

في الفصل الاول يُبرز كبلر الاسباب المختلفة التي دعته الى ترك نظام بطليموس. مثلاً ، ان افلاك التدوير بالنسبة الى السيارات العليا، بحسب نظام بطليموس كانت ترى من الارض ضمن زاوية تساوي تماماً الزاوية التي يُرى من خلالها مدار الارض (كما كان كوبرنيك يتصوره) انطلاقاً من كلٍ من هذه السيارات. وهذا لا يمكن ان يكون من فعل المصادفة العفوية. اما فلك تدوير المشتري فيبدو بالتالي اصغر من فلك المرّيخ، وفلك زحل يبدو اصغر ايضاً في حين ان الموصلات تبدو في ترتيب معاكس من حيث الضخامة. وهذا امر لم يجد له تفسيراً في نظام بطليموس. وكذلك الامر بالنسبة الى كون مدة السيارات الدنيا على موصلها تتساوى مع مدة الشمس، وكذلك الحال فيما خص واقعة ان الشمس والقمر لا يتراجعان على الاطلاق. وبالعكس تصبح كل هذه الظاهرات اكيدة ان اتبع نظام كوبرنيك Copernic. وحتى عندما يقترب كبلر في علاقاته من تيكو فانه يبقى كوبرنيكياً مقتنعاً. وفي هذا تكمن فكرته الرئيسية المتجلية في كل عمله .

ومن برودروموس Prodromus يمكن ان نحفظ تصوراً عبقرياً يدل، وان كان غير صحيح ، على الذوق وعلى الاستعدادات الجيدة عند كبلر. وقد اهتم هذا الاخير في اتمام عمل كوبرنيك حول المسافات النسبية للكواكب، فتصور انه بين الكرات الست ذات المركز الواحد، والتي وضع عليها كوبرنيك مدارات السيارات الست ، تدخل متعددات السطوح المنتظمة ذات الاشكال الخمسة الممكنة . وكل متعدد يدخل ضمن كرة ، فيعتبر محيطاً بالكرة الادنى. وهكذا يدخل المكعب ضمن كرة زحل ، ويحيط بكرة المشتري. وبعدها يأتي المجسم المربع الوجوه ، وكرة الارض وذو العشرين وجهاً ، وكرة الزهرة والثمانيني وأخيراً كرة عطارد .

وظل كبلر لمدة طويلة متعلقاً بهذه الفكرة الغريبة التي تستمدّ فقط قوّتها من مصادفة عارضة، هي وجود خمس مسافات وكذلك وجود خمس متعددات الوجوه المنتظمة . وفي الطبعة الثانية من كتاب برودروموس Prodromus، سنة 1621، اي بعد اعلان القانون الثالث، عاد الى عرضه الاول بعد ان

صححه فقط بعدة ملاحظات. ويمكن هنا ان نرى فكرة اخرى توجه بحوثه اللاحقة ونوعاً من الاعداد الغامض للقانون الثالث، هذا البرهان القاطع على مهارته كحاسب.

ولكن كبلر صاغ اكتشافه الاول، في بـرودرومـوس : هـذا الاكتشـاف هـو خـطط مـدارات السيارات، مدارات متجاورة وغير متداخلة ، تمر بالشمس. ونظراً لعدم وجود جداول واضحة بما فيه الكفاية، ونظراً أيضاً لعدم التحرر الكافي من تصورات بطليموس، مرر كوبرنيك خطط المدارات بمركز مدار الأرض؛ فنتج عن ذلك تغييرات لا يمكن تفسيرها تتعلق بانحرافات السيارات الـدنيا. هـذا الخروج يزول ان مرت خطط المدارات بالشمس التي احس كبلر بدورها في حركات الكواكب (وكانت الفتـرات الاقصر بالنسبـة الى السيارات الـدنيا قـد دلت على ان الشمس لهـا تأثيـر أكبـر في المسـافـة القصيرة) .

والانحراف الثابت في خطط المدارات في فلك الابراج كان نتيجة اخرى مباشرة، لما تقدم. وقد اشار كبلر الى هذا في برودروموس: وهذا كان كافياً لابراز أهمية هذا الكتاب الصادر عن عالم عمره 25 سنة.

وبسبب مرسوم صدر ضد البروتستانت اضطر كبلر الى ترك غـراز Graz، وفتش عن ملاذ في براغ، قرب تيكوبراهي الذي اصبح منجم الامبراطور رودولف الثاني، وذلك في شبـاط سنة 1600، ومات تيكو بعد قليل من لقائهما اي قبل ان يتسبب التعارض في افكارهما حول نظام كوبرنيك ، في سوء العلاقة بينهما ولكن، وهذا مكسب افاد منه العلم كثيراً ، استطاع كبلر ان يتصرف على هواه بالبحوث العظيمة التي وثقها تيكو ، بحيث استطاع ان يتابع حلمه في هندسة العالم : البحث عن علاقات قائمة بين اشعة المدارات النجومية ، وبين الاجرام الخارجة من مراكزها ، والحقب، (وبالتالي السرعات). ومن جهة اخرى ورث كبلر وظيفة الرياضي في خدمة الامبراطور. واذا كان عليـه من جراء هـذا ان يقدم للبلاط التوقعات النجومية ، فلم يظهر عليه انه كان يكره هذا الامر او ان بحوثه قد تأثرت به .

وفي سنة 1604 نشر كتابه عن البصريات: «أد. فيتيليونيم .AD. Vitellionem » وفيه عرف شعاع الضوء ، وشرح انعكاس النور وبين ان الانكسار الفضائي يحرف الضوء من كل الكواكب بدون تمييز وهذا حتى السمت .

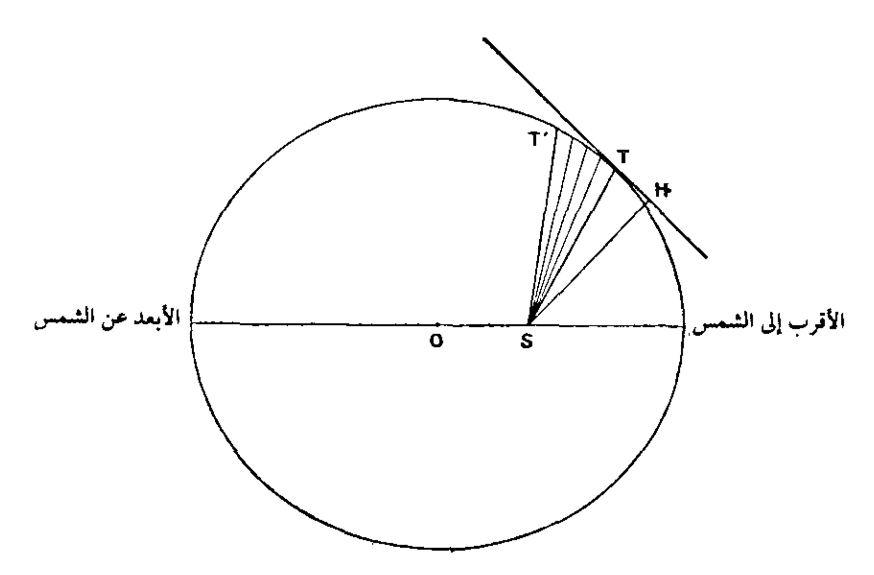
وبذات الوقت، تابع كبلر بحوثه الاساسية التي تستحق رسم مختصرها عـلى الاقل. وعـاد الى اعمال تيكوبراهي حول المرّيخ ، فتحقق من فارقٍ مقداره ′8 بين المراكز المرصودة والمراكز المحسوبة على اساس المنحرفات عن مراكزها وأفـلاك التدوير [دائرة مركزها في محيط دائرة كبيرة] . والخطأ لم يكن ليعزى الى تيكو الذي اعترف كبلر له بالمواهب كمراقب، فعمد الى مراجعة المدار الارضي على اساس ملاحظات تيكو. وقارن كبلر الملاحظات حول المرّيخ التي جرت وبينها 687 يوماً من المسافة. ذلك ان 687 يوماً هي مدة دوران المرّيخ حول الشمس، والشعاع شمس - مرّيخ هو اساس ثابت يمكن بالنسبة اليه يمكن تحديد المواقع المتتالية للارض. وبالامكان تكرار العملية بواسطة سلسلة اخرى من العمليات

المحققة دائماً وبينها 687 يومـاً. وهكذا امكن تقرير النتيجة الاولى التي استخدمت كـاساس لـوضع القوانين الكبرى: ان مدار الارض دائري (تقريب مرضٍ جداً، كما هو معروف، نظراً لان الشمس واقعة على مسافة من المركز تساوي R0,018. حيث R تدلّ على شعاع المدار. ان قيمة الخروج عن المركز المعتمدة من كل سابقي كبلر كانت اكبر بمرتين).

وتصور كبلر ان الفعل المحرك الذي تحدثه الشمس على الارض يجري بشكل تماس مـع المسار (فقد كان يجهل مبدأ الجمود) وهذه القوة، كما يقول تتناسب عكسياً مع المسافة (ST) ارض شمس، وكذلك حال سرعة السيارة في مدارها.

من المعلوم ان هذا غير صحيح: ان السرعة تتناسب مع مسافة الشمس الى مماس المدار (SH، في الصورة 23). في هذه الاثناء دقق كبلر في فرضيته في الحالات الخاصة فقط لانتقال الارض بين النقطة الاقرب من الشمس [اقرب نقطة من فلك سيار او مذنب الى الشمس] مرة والى الاوج اي الابعد عن الشمس. وها هو الآن مقتنع.

ولحسن الحظ، عوض هذا الخطأ بخطأ آخر: بالنسبة الى قوس صغير جداً في المدار، ان الوقت الذي تضعه الارض لتجتاز هذا القوس يتناسب مع طول شعـاع السهم ST، من اجل حساب مدة اجتياز القوس المحددة.



صورة 23 ـ تبيين قانون المساحات من قبل كبلر

وظن انه يتصرف نحو الافضل، فاحل محل كل الاشعة ـ الاسهم الوسيطة بين S T وT' S، وبقول آخر محل مجموع الاطوال، مساحة القطاع TST'. غلطة ارادتها العناية اذ بها تمَّ، فيما خص

حركة الأرض ، اكتشاف نسبية الزمن والمساحة التي يكنسها الشعاع ـ السهم : وقد اثبتت الملاحظات ذلك. وعندما، راجع كبلر مدار المرّيخ ، فقد طبق عليه، في الحال، نفس قانون المساحات، القانون المعتبر دائماً وكأنه القانون الثاني عند كبلر، وان جاء في المقام الاول من حيث الترتيب التاريخي في اكتشافاته.

وعلى اساس المدار الارضي المكتشف، استعاد كبلر رصود مارس فعندما يكون هذا السيار في ادنى منازله او في سمته (اعلى منازله)، تتوافق الحركة الدائرية المستبقة بموجب النظرية، مع القياسات. وبالعكس عندما يحتلّ المرّيخ في مدارها مراكز تربيعية بالنسبة الى سابقاتها، فان الفارق يكون ضخماً ، وانتهى كبلر الى التخلي عن فرضية الحركة الدائرية. ان الاهليلج هو الشكل البيضوي الذي يتوافق تماماً مع تنبؤات قانون المساحات، باعتبار ان الشمس تحتل احد مراكز المخروط .

ويمكن ان نلاحظ عرضاً ان الفرضيات التبسيطية التي قال بها كبلر تجد مبررها في حالة المعارف السائدة في ذلك الحين: من جهة هناك ملاحظات تيكو، التي مهما كانت فائدتها ، فانها قلما تجاوزت درجة الدقيقة في الزاوية؛ ظرف مساعد لان اخطاء القياس كانت تخفى بالتالي شذوذات المسار التي تتسبب بها الاختلالات. ومن جهة اخرى كان كبلر ـ وهو الرياضي الجيد، الذي لم يكن قد استبق زمانه بخمسين سنة ليقارن المتناهيات الصغر ـ يعرف جيداً اعمال الاقدمين حول المخروطات. حتى ان انشتين قال بشأنه :

« تدل اعمال كبلر ان المعرفة لا يمكن ان تنبثق عن التجربة وحدها: بل يتوجب معها المقارنة بين ما تصوره العقل وما لاحظه وراقبه » (كيف ارى العالم، ترجمة فرنسية، 1934، ص180).

الى هذه الظروف التاريخية يضاف ايضاً الفارق بين خروج مدار الارض عن محوره، ولو ضعيفاً ، وخروج مدار المرّيخ، الاعنف والاقوى نسبياً . وبعد 1605 اصبح كبلر يمتلك قانون الحركة الاهليلجية. ونشرت الصيغ النهائية للقانونين الاولين بعد اربع سنوات في « استرونوميا نوفا. . . (اب 1609) .

وبعد ذلك بكثير، في 15 ايار 1618، اعلن كبلر عن القانون الثالث: نسبية مربع فترات السيارات مع مكعبات متوسطات بعدها عن الشمس. وهكذا تحقق ميل كبلر الى « تناسق العالم » وهو الميل الذي برز سابقاً في « برودروموس ». ولكن بذات الوقت استكمِلَ عمل كوبرنيك، وتحرر من المفاهيم القديمة. وربما كان في ذهن كبلر خليط، ربما كان احياناً مشوشاً ، من الافكار العميقة، ومن الافكار الاقل ثباتاً . ولكن اهمية عمله، تقاس الى حد ما ، عندما نعرف اي دور لعبته القوانين الثلاثة في تكوين التوليف النيوتني.

ان نشاط كبلر لم يقتصر مع ذلك على هذه البحوث ذات الصفة الرياضية الغالبة . فقد بقي حتى وفاته ، رغم المصاعب التي لقيها في حياته، مراقباً وملاحظاً . وعند اتصاله بغاليليه ، درس المذنبات سنة 1618، معترفاً بطبيعتها السماوية (وكان البعض يرى فيها ظاهرة جوية، كما درس البقع في

الشمس. وفي اولم Ulm، حيث اضطر الى الالتجاء، نشر سنة 1627، « طابولا رودولفينا » Tabulae Rudolphinae، اعترافاً بفضل راعيه رودولف 2. وتضمنت هذه الجداول التفصيلية لوائح بالوقائع عن الكواكب السيارة، محسوبة على اساس القوانين الثلاثة. وقد « اهديت » الى جون نابيه John Napier، لان استخدام اللوغاريثم سهل حسابها الى حد كبير. وبفضل هذه الجداول استطاع كبلر ان يتنبأ باحداثيات الكواكب السيارة: فمنذ 1629، اعلن عن مرور عطارد فوق الشمس في 7 تشرين الثاني سنة 1631، ومرور الزهرة في 4 كانون الاول 1639 و6 حزيران 1761.

وظلت هذه الجداول طيلة قرن المعتمد الاساسي لكل علماء الفلك.

غاليليه ـ ولد في بيزا سنة 1564. علّم اولاً في جامعة بيزا ثم في جامعة بادو. ومنذ 1597 اصبح من اتباع نظام كوبرنيك ـ في فكره على الاقل ان لم يكن في كتاباته او تعليمه. ولكن شهرته كفلكي ـ اذ ظل يعتبر حتى ذلك الحين كرياضي ـ يعود تاريخها الى ارصاده حول (نوفا) سنة 1604، ارصاد صدرت في مجموعة «اوفيكوس». واستحالة قياس زاوية الاختلاف (Parallaxe) هذا النجم الجديد تدل، بحسب رأيه، على أنه نجم بعيد. وفي الحال ادخل غاليليه أفكاره في تعليمه، وكانت فرصة اولى للمجادلات: اذا كانت « نوفا » ظاهرة سماوية، فان رأي ارسطو حول ازلية ـ ثبوتية السماء يكون خاطئاً. وليس لغاليليه ان يفاجأ، منذ ذلك الحين، بان يلقى طيلة حياته خصوماً سوف يصبحون اعداء العالم الحديث.

وفي حزيران 1609 علم عاليليه ان منظاراً للتقريب قدم، منذ عدة اشهر سابقة الى الامير موريس دي ناسو Maurice de Nassau. وشرع، في الحال، في بناء واحد واستعمله ليرصد السماء. وكان انفعاله امام عجائب الطبيعة المتكشفة امامه محسوساً في رسائله. اما اهمية اكتشافاته، فقد برزت بحق من خلال شهرة الكتاب الذي تضمنها: « سيدروس نونسيوس.. Sidereus nuneius magna (البندقية اذار 1610).

وصف في بادىء الامر جبال القمر التي كانت ذراها المضيئة تظهر وراء المنتهى [الخط الفاصل بين الوجه المضيء والوجه المظلم]، وبمقارنة اشعة الارض والقمر، استنتج ان جبال القمر اعلى اربع مرات من جبال الارض

وعند دراسة الضوء المنعكس عن القمر والضوء المنعكس من النور الرمادي، عثر على الاثبات بان الارض تلمع مثل باقي الكواكب.

ورسم، على صفحة من الكتاب، كل الكواكب غير المعروفة والتي اكتشفها في مجموعة (Constellation) اوريون Orion (في البودريه، ذكر، بدلاً من 9 نجوم مرئية بالعين المجردة ـ ثمانين نجماً)، ثم في الثريا (Pléades) (حيث اكتشف ستاً وثلاثين نجمة متراكمة). وبدا له درب المجرة، على حقيقته، مجموعاً متراصاً من النجوم، لا سديماً (nébulosité) يعكس بهاء الشمس او القمر، ولا نيزكاً كما يؤكد أرسطو.

. . واخيراً، وبصورة خاصة يعلن « سيدروس نونسيوس » اكتشاف توابع المشتري . وكان اول اكتشاف له يعود إلى 7 كانون الثاني 1610 . وخلال رصدٍ للمشتري ، شاهد غاليليه ثلاثة نجوم جديدة بقرب الكواكب، مصفوفة بحسب اتجاه مداره (دائرة دوران المشتري في فلكه) . وقد يظن انها كواكب ثابتة ينسحب امامها جوبيتر. ولكن، في اليوم التالي، عثر على الرفاق الثلاثة بقرب من جوبيتر انما بوضع آخر (الكتاب يذكر، بشكل بسيط وايحائي هذه المظاهر المتنوعة) . وفي 11 كانون الثاني لم يشاهد الا كوكبين، ولكنه في 14 منه شاهد اربعة . وحصلت لديه القناعة، انها ليست نجوماً ثوابت ، انها كواكب تائهة ، تدور حول جوبيتر، انها توابع له . وبسبب صعوبات التحديد، لم يستطع تحديد اوقاتها، الا بالنسبة الى التابع الرابع الذي بدا منفصلاً بوضوح عن الاخريات . الا ان هذا يقلل من اهمية الاكتشاف . واعترض اعداء كوبرنيك : اذا كانت كل الكواكب تدور في مداراتها حول الشمس، فلا نفهم لماذا يشذ القمر ويدور حول الارض . ان وجود توابع لجوبيتر يحطم هذا الاعتراض .

نفهم اذا كيف ان غاليليه أراد، وبسرعة، اشهار هذه الاكتشافات ، التي تقدم، بدون حسابات معقدة يصعب على غير المتخصصين فهمها ، براهين لا تدحض تدعيماً لنظام كوبرنيك .

وكان لا بد من وجود معارضين . وان قل عددهم في بادو حيث كان التأثير الشخصي للمعلم قوياً ، بالنسبة الى بقية ايطاليا . واتخذ تشويش الصور الحاصلة بواسطة هذه المناظير الاولى، ذريعة وذهب البعض الى حد القول ان الكواكب المكتشفة ليست الا صوراً وهمية خلقتها الآلة بالذات . وفوق ذلك، بدا من غير المعقول التأكيد على وجود نجوم جهلها بطليموس وارسطو من قبل، بحجة انه بالامكان رؤيتها . . .

عندما تلقى كبلر « سيدروس نونسيوس » لم يكن بين يديه بعد آلة رصد تشبه تلك التي بناها غاليليه . ولكنه فهم في الحال الكشوفات الغاليلية واهميتها بالنسبة الى علم الفلك الجديد والى دعم مفاهيم كوبرنيك بصورة خاصة . وابدى رأيه في رسالة مفصلة ارسلها الى غاليلي في ايار 1610 ونشرها في الحال تحت عنوان :

«ديسرتاسيو كوم . . » ...Dissertatio Cum . وبعد ذلك بقليل تلقى ناظوراً ارسله غاليلي، نقله اليه اميركولونيا المنتخب .

وعندها حرر ملاحظاته الخاصة في « ناراسيو . . » ..Narratio حيث اكد منذ 10 ايلول 1610 صحة اكتشافات غاليليه بدون غموض .

وقبل امعان النظر في سلسلة الاكتشافات الكبرى الفلكية ، التي تعود للقرن 17، ربما يكون من المفيد الاشارة الى اهمية سنة 1610 . فحتى هذا التاريخ ، غطت اولوية الاعتبارات النظرية ، سمة اساسية في علم الفلك، هو كونه علم ملاحظة ورصد . ان ناظور غاليليه المتواضع هو رمز العلم الجديد . والآلة مهما كانت متقدمة ، لا تعطي حتماً ، ان تولاها الجهال او ناقصو البراعة ، الا نتائج مشكوكة . ولكن اذا عرف الراصد امكانات وحدود استخدام اجهزته ، واذا لم تكرهه ضرورات الرصد

على اهمال تثقيف نفسه بثقافة علمية واسعة، وخاصة ثقافة رياضية، فاي خضم من العمل واسع ينفتح اذاً امامه. ان نوعاً من الحوار في التفكير النظري وفي الكمال التقني سوف يتأكد، بعد ذلك، وكأنه الصفة الغالبة في تطور علم الفلك. ان الاكتشافات الرصدية، حتى تلك التي بدت وكأنها وليدة الصدفة، سوف تغذي البحث النظري، وتمنعه من الضياع بعيداً عن الواقع. وسوف تقضي الحاجة الى التحقق من النظرية بوجوب استكمال المعدات التي سوف تساعد على اكتشافات جديدة. وقد ذكر ذلك بايي Bailly بشأن قوانين كبلر:

«ان واجب الناس هو درس الطبيعة من خلال الاحداث المنفصلة. وعندما تتحصل لهم الرؤى بما فيه الكفاية، يعتكفون. ان الاحداث تتجمع في رؤوسهم، بدون تسلسل او ترابط، ولكن السلسلة موجودة، ومن الممكن اكتشافها. ويأخذ العباقرة القلم، ويرسمون خطة: الى هذا توصل كبلر. وبعد يكفي تطبيق الخطة المرسومة من قبل الخيال وفقاً للنموذج الاكبر الذي هو الطبيعة. وبعدها تجب العودة الى الملاحظة. والعطاء الاكثر حظاً، من السماء، الاختراع، موجود بين الاحداث التي عليها تتأسس الانظمة، والاحداث هي التي تثبتها» (تاريخ علم الفلك القديم) (1779).

ان هذه الافكار تبدو لنا مألوفة اليوم. ولكن يجب ان ندرك اية ثورة كانت تحدثها في الفكر العلمي في مطلع القرن السابع عشر هذا.

غنى العمل الفلكي عند غاليليه ـ بدت حياة غاليليه بين 1610 و1619 خصبة بشكل خاص في علم الفلك. فقد استمر يدرس السيارات. وبعد نيسان 1611، اي بعد مضي سنة على اكتشاف هذه السيارات اصبح بامكانه ان يميز بينها. وقد مكنه هذا من تتبع الحركة، وان يحدد بشكل تقريبي على الاقل، زمن كل نجمة تابعة (وهي عملية دقيقة كان كبلر نفسه يعتقد باستحالتها). نشير ان غاليليه لم يكن يسترشد، في هذا البحث، بقانوني كبلر الاولين (لانه لم يؤمن بهما ابداً). ان هذا الفلكي الراصد لم يكن يؤمن الا بارصاده الخاصة. وربما كان هناك ايضاً بعض الاشتباه Prévention عند غاليلي ضد «استرونوميا نوفا» حيث اثقل كبلر نصه بتجاوزات عشوائية.

ان ازمنة التوابع الاربعة، صغيرة، اقل من يومين بالنسبة الى الاقرب وما يقارب 17 يوماً بالنسبة الى الابعد عن النجمة المتبوعة. ووضع غاليليه الجداول الاولى حول حركاتها الوسطى بأمل استخدامها في التنبؤ بوضع النظام في تاريخ معين وبالتالي التنبؤ بكسوفات التوابع. ولكن التحديد الصحيح لهذه الجداول، وقد ادرك غاليليه ذلك، كان يقتضي الرصد طيلة زمن يعادل الزمن اليومي (السيدرالي) للمشتري، حتى تمكن مقارنة الاتصالات الحادثة عندما يكون الكوكب قد عاد الى نفس الوضع ضمن مداره. وتسلسلت ارصاد غاليليه بين 1610 و1619 فغطت بالتالي فترة لم تكن كافية لاكمال المهمة على احسن وجه. وكان هناك صعوبة اخرى كمنت في عجز المنظار عن تحديد المسافات: كان غاليليه يربط مسطرة مدرجة فوق انبوب المنظار ويرصدها بعين الشمال في حين كانت العين اليمنى فوق جهاز الرصد (اوكولور). ذلك كان حال مقياس الجزئيات ميكرومتر الوحيد الممكن التحقيق بواسطة جهاز الرصد المتعرج. ومع ذلك، وانطلاقاً من معطيات جمعت ضمن هذه الشروط حدد غاليليه عناصر

مدارات التوابع، قاصراً الرصودات على مركز الشمس حتى يتخلص من كل الشذوذات التي تعزى الى الحركة النسبية في الارض في علاقتها مع المشتري.

وكان غاليليه، يطمح في هذا المجال، الى الوصول الى وسيلة تمكنه من تحديد الاطوال بسهولة ان المظهر او الشكل المعين للتوابع قد يكون اشارة قد ترصد من مكانين مختلفين على الارض. وقدم امير هولندا مكافأة مقدارها 25000 فلورين للذي يقدم اسلوباً من شأنه ان يخدم الملاحة. وقام استاذ في جامعة بيزا، الاب رينياري Renieri، يشجعه غاليليه، بمتابعة حل هذه المسألة، ولكنه لم يستطع اكمالها قبل وفاته. وكان لا بد من انتظار سنة 1668 حتى تظهر جداول ج. د. كاسيني J.D.Cassini، تحت عنوان: الوقوعات «افيمريد...». وهي مدينة بصورة واسعة لاعمال هؤلاء الرواد.

لنفتح هنا هامشاً: بعد 1611، قام بيرسك Peiresc، وهو مستشار في برلمان بروفنسا، كان لعشر سنوات خلت، تلميذاً لغاليليه في بادو، يشكل مجموعة متحمسة من القراء البروفنسيين لكتاب «سيدروس..» ..Sidereus وبذات الوقت مع معلمه الشهير، ولكن بصورة منفصلة تماماً عنه، خطرت له فكرة تحديد الاطوال عن طريق قياس الاوضاع المتتالية للتوابع(المرصودة لاول مرة في اكس من قبل جوزف غوتيه Joseph Gaultier، في 24 نوفمبر سنة 1610. وبعد مراقبتها في اليوم التالي، اكتشف بيرسك السديمية (Nébuleuse) أوريون. واذا كانت اعمال بيرسك لم تذهب الى الابعاد التي ذهبت اليها اعمال غاليليه، الا انه خطرت له الفكرة الطيبة بارسال مساعده لومبار Lombard الى مالطه، ثم الى سوريا لتطبيق المنهج عملياً. وكانت النتائج مخيبة للآمال. ولكن بيرسك لم يترك الموضوع، ونظم بنجاح شبكة رصد لكسوف القمر في 28 آب 1635، الامر الذي اتاح تصحيح خرائط المتوسط الشرقي بما يعادل 1000 كلم زائد.

ونعود الى غاليليه الذي لحظ بدقة وصحة كل ما يتطلبه حل مرضٍ لمسألة خطوط الطول، فضلاً عن جداول حركات التوابع اكثر دقة من جداوله (مع الافتراض بان هذا الاسلوب بقي محفوظاً) : زيادة دقة القياسات بواسطة المنظار، ثم ايجاد وسيلة للحصول على مثل هذه الملاحظات والرصودات عن سطح سفينة ثم حسن الاحتفاظ بالوقت. وخلال القرن تم جمع الاختراعات بعضها الى بعض : **الميكرومتر والسدسية** والساعة ذات الميزان او الارجوحة ثم الزنبرك الحلزوني.

ولم تثن اهمية ملاحظة توابع المشتري غاليلي عن استكشاف السماء بوجه شامل. ولكن زحل كان يخبيء له فشلاً لا ينتسى. فكتب يقول : « لقد رصدت اعلى كوكب سيار فوجدته مثلثاً » وذلك في جناس تصحيفي، غامض، ثم بعد ذلك عاد فرآه واحداً. لقد كان منظاره اعجز من ان يريه المظهر المضلل للحلقات التي، اذا نظرت من انحرافات متعددة، اتخذت اشكالاً متنوعة.

في حين استطاع غاليلي ان يرصد بكفاءة مراحل الزهرة، وهذا تثبيت جديد لنظام كوبرنيك وبهذا الشأن كتب غاليليه الى احد اصدقائه الاب بنديتو كاستالي P. Benedetto Castelli «حسن ان تفيد أرصادي في نتائج جيدة! ولكنك تضحكني ان اعتقدت انها سوف تبدد كل الغيوم وسوف توقف

كل نقاش. ان الاثبات قد وصل منذ زمن بعيد الى الحقيقة الاكيدة الاخيرة. واخصامنا سوف يقتنعُون ان استطاعوا ذلك. ولكنهم هم يريدون مغالطة انفسهم. . » .

واتاحت التفصيلات الرصدية عن القمر لغاليليه‌ان يفهم ان تابعنا (القمر) يُوجه دائماً نفس « النصف » نحو ارضنا، ولكن مع وجود بعض الميل او الانحراف وهذا ما نسميه نحن التمايل وقام هفليوس Hevelius وكاسيني Cassini بتعميق دراسة الظاهرة. وارتكب غاليلي خطأ الاعتقاد انه اقتصر على مفعول التغير الظاهري (Parallaxe) الناتج عن تنقل الراصد بالنسبة الى مركز الارض .

وبعد 1610 ثم في سنة 1612، رصد غاليليه بقع الشمس. وربما تعود اسبقية هذا الرصد بالمنظار الى جوهان فابريسيوس Johann Fabricius (نشرة صدرت في ويتنبرغ سنة 1611). ونازع الاب كريستوف شاينر P.Christoph Scheiner، وهو يسوعي كان يعلم الرياضيات في أنغولستاد، وتعود ارصاده الى آذار سنة 1611، نازع غاليليه اكتشافه (وشرح شاينر Scheiner أيضاً التشويه الذي يصيب الشمس عند مغيبها . ومهما يكن من امر، فان رسالة مؤرخة في سنة 1612 تزيل الشكوك حول تفسير غاليلي لاكتشاف الظاهرة :

« استنتج ان هذه الجدات هي بمثابة المآتم او النهاية او القيامة الاخيرة للفلسفة المزورة. لقد ظهرت علامات واشارات في القمر والشمس. واتوقع ان اسمع حول هذا الموضوع اشياء كبيرة اعلنها المشاؤون عن جمود وأبدية السماء. ولا اعرف كيف يمكن انقاذ هذا الجمود وهذه الابدية » (كتاب الى ف. سيسي 12 ايار 1612). وقد عرفنا ان هذا الجمود لم ينقذ ولم يسلم .

نهاية المناهضين لكوبرنيك - اذا كانت اكتشافات غاليليه، وقد جاءت بعد قانوني كبلر، قد قدمت براهين حاسمة لصالح الافكار الكوبرنيكية، فان المناهضات النهائية لم تكن الا لتزداد حدة، كما هو طبيعي تماماً . في سنة 1616، اعلن « المكتب المقدس » كذب وكفر الرأي الذي يجعل الشمس في مركز الكون. وبعد ذلك بقليل، وجواباً على معارضين، نشر غاليليه « الساجياتور » Saggiatore (1623)، تحفة من روائع المناظرة. وكان الاهم في نظرنا نشر كتابه « حوار = ديالوغو » (1632): إذ يلخص غاليليه فيه فلسفته، في معارضة فلسفة ارسطو. ودون ان يهتم بتعقيد حركات السيارات (استمر يتجاهل اهمية اعمال كبلر) عرض افكاره حول نظام العالم، وبدا ميكانيكه وكانه التتمة الضرورية للنظام الكوبرنيكي. انه يحضر التوليف النيوتني، انما دون ان يخطر بباله ان حركة السيارات وحركة القذائف قد توصف ضمن نفس القانون.

وعرف « ديالوغو » وهو كتاب في مستوى فهم الجماهير، نجاحاً كبيراً جذب انتباه « محكمة التفتيش ». في حين ان كتب كبلر، الاكثر صعوبة على الفهم وعلى القراءة، لم تعرف نفس النجاح والشهرة. وعلى كل حال في 22 حزيران 1632، وبعد محاكمة دامت عشرين يوماً حكمت محكمة مؤلفة من سبعة كرادلة بما يلي :

« القول ان الشمس، وهي الثابت الذي لا يتحرك موضعياً، تحتل مركز العالم، هو قول باطل،

وكاذب فلسفياً وهو هرطقة لانه يخالف شهادة الكتابات المقدسة. وانه ايضاً باطل وكاذب في الفلسفة القول بان الارض ليست ثابتة في مركز العالم. وهذا القول يعتبر من الناحية التيولوجية ضلالاً على الاقل بالنسبة الى الايمان ».

وبعد ذلك اضطر غاليلي الى توقيع صيغة الاقرار بالكفر قبل ان يستمع الى الحكم عليه بالاعتقال داخل منزله في ارستري. ومات فيه، بعد ان اصبح اعمى في 8 كانون الثاني 1642.

وتفحص هذه المحاكمة بتفصيلاتها، ودوافعها ومفاعيلها يخرج عن نطاق موضوعنا. ولكن السكوت عنها يعني تغطية مظهر من مظاهر التقدم في علم الفلك في القرن 17. وانه من مقتضى طبيعة الاكتشاف ان ندخل على المفاهيم التي عمل الزمن على اشاعتها بين الناس، تصحيحات تختلف درجة عمقها. اليس من المحتوم المؤكد ان يلاقي المفكرون الجريئون والقادرون على تصور تركيب جديد مبتكر، معارضة من اولئك الذين لا توجد لديهم نفس القدرات الخلاقة ؟ هذه الملاحظة لا تهدف ابداً الى التقليل من خطورة الخطأ والظلم التي ذهب ضحيتها غاليليه .ولكن الأسباب اصبحت اليوم مفهومة بصورة افضل عندما يُوضع الحدث ضمن اطاره الزمني.

وظل المعارضون لكوبرنيك يظهرون لمدة طويلة، متأخرين. فقد ظهر كتاب استرونوميا دانيكا Astronomia danica، لمؤلفه لونغومونتانوس Longomontanus، وهو تلميذ قديم لتيكو ومدافع عن نظامه، في سنة 1640، ومن بين الكوبرنيكيين انفسهم لم يعتمد بعضهم قوانين كبلر: فقد نشر فيليب لانس برج **Philip lans berge**، جداول كواكبيه محسوبة على اساس نظرية الابيسيكل واحل اسماعيل بوليو Ismael Boulliau، في كتابه استرونوميا فيلوليكا (باريس 1645) محل القانون الثاني، بناء معقداً كان الهدف منه العودة الى حركة متناسقة متجانسة.

الا ان هذه كانت المظاهر الاخيرة من مظاهر الافكار القديمة. وكان على الكوبرنيكيين مهمة الاستمرار في عمل كبلر وغاليليه بإضافة اكتشافات جديدة اليه.

II ـ ازدهار علم الفلك الرصيدي

الهواة ـ بعد ان عرفت اكتشافات غاليليه، وكان النشر السريع لكتاب سيديروس نوسيوس، عاملاً حاسماً في التقدم، استحصل العديد من الهواة على مناظير واخذوا يتمرنون على الرصد. وكان هناك الكثير من المظاهر او الاشياء الجديدة التي يمكن الوصول اليها والتي تشكل سلسلة فخمة من المكتشفات المتنوعة. واية لائحة بهؤلاء المكتشفين الهواة سوف تكون غير كاملة حتماً. نشير فقط الى الاكتشافات الاكثر اهمية.

نبدأ بتوبوغرافيا القمر او مسحه. قام بيرسك Peiresc، يعاونه غاسندي Gassendi بوضع اول خريطة للقمر، ورسمها له كلود ميلان Claude Mellan سنة 1636. وبعدها جاءت خارطات

لنغرينوس Langrenus في اسبانيا سنة 1645، وهفليوس Hevelius في دانزغ 1647؛ الذي اكتشف بعد عشر سنين التمايل الطولي واخيراً جاء ريكيولي Riccioli وغريمالدي Grimaldi في ايطاليا سنة 1650. والى هؤلاء الاخيرين ندين نحن بـ بالمواقعية الجبلية التفصيلية. وهكذا مهدت الطريق امام عمل جون دومينيك كاسيني Jean Dominique Cassini، الذي كانت خارطته قد حفرت على كرة قطرها 54 سنتميتراً، وقد اتمها سنة 1679 وظلت بدون مثيل حتى نهاية القرن الثامن عشر.

وبقي العالم النجومي غير مكتشف تماماً. فالمناظر كانت عاجزة تماماً. ولكن سبق ان اشرنا الى اكتشاف سديم اوريون من قبل بيرسك سنة 1611. اما سيمون ماير Simon Mayer او ماريوس Marius (1570 – 1624) وهو فلكي عند منتخب براند بورغ Brandebourg فقد نازع غاليلي، زوراً، اكتشاف توابع المشتري، الا انه كان الاول بدون منازع الذي اشار الى وجود سديم اندروماد. ولكنا نكون فكرة عن بطء التقدم في هذا المجال عندما نذكر الاكتشاف التالي، اكتشاف كومة هركول Hercule، من قبل هالي Halley، في سنة 1715 . . . ويبدو ان الصدفة وحدها هي المسؤولة عن هذه الاكتشافات التي لم يفهم معناها الحقيقي يومئذٍ.

وفي سنة 1596، في هانوفر Hanovre اشار دايفد فابريسيوس David Fabricius الى اللمعان المتغير في نجمة اكثر تألقاً في برج الحوت كان اسمها الكلاسيكي ميرا Mira. وكان مكتشفها الاول هفليوس Hevelius. وكانت مدتها 333 يوماً، وقد قاسها بوليو Boulliau في سنة 1652.

ونحن مدينون ايضاً لنفس هفليوس Hevelius باكتشاف الصياخد او البقع اللماعة في الشمس الذي يؤكد، بعد اكتشاف البقع، ان سطح الشمس لم يكن لا ثابتاً ولا جامداً. ونذكر ايضاً من بين اعمال هذا الفلكي لائحته النجومية غير المكتملة. ولكن الاسم الذي اطلقه، وهو مسكوكة (سوبيسكي Sobieski)، على حقلٍ غني جداً بالنجوم في طريق المجرة، تكريماً لحاميه وسيده جون Jean الثالث سوبيسكي Sobieski، ما يزال مستعملاً حتى الآن. وظل اسم هفليوس Hevelius مقروناً حتى الان بالعمل الاول الشامل حول المذنبات. وظهر كتابه خارطة المذنبات سنة 1668: وفيه اثبت بفعل قياس التغير المواقفي في المذنبات، مذنب 1652 ومذنب 1664، ان هذه المذنبات ليست تغيرات سماوية في فضائنا، بل انه تنبأ بان حركتها بيضاوية او شبه بيضاوية حول الشمس.

استمرت دراسة الكواكب السيارة. وقام اليسوعي الايطالي نيكولو زوكي Niccolo Zucchi برصد بقع فوق المرّيخ، وقطاع المشتري سنة 1640 وربما كان فونتانا Fontana قد شاهدها سنة 1636. وقد سبق ان رصد بيرسيك، اولاً، عطارد في وضح النهار، واكتشف النور الرمادي في الزهرة.

ولكن يبدو انه من المفيد التثبت من توقعات كبلر الذي سبق واعلن عن مرور عطارد فوق الشمس في سنة 1631. وقد نجح غاسندي في رصد هذا الامر. وبهذا الشأن يقول الاب هنبرت Humbert :

« الحقيقة انه لم يكتشف شيئاً . . . انه اثبت فقط الاكتشافات السابقة. ولكنه في كل ارصاده اظهر عن منهجية فكرية وعن حرص على الدقة ، وعن توخي الاناقة التي جعلته اعلى من كل معاصريه » (مذكور في العمل الفلكي عند غاسندي Gassendi، باريس 1936).

ورصد غاسندي المرور، عن طريق الاسقاط، مشيراً بدقة ـ وقد اسف لانه لم يتوصل الى عمل أفضل ـ الى نقطة الخروج من الصحن .

والارصاد المتعلقة بالمرور، طيلة القرن لم تتجاوز الدقة التي وصل اليها غاسندي. في سنة 1639 رُصِدَ مرور الزهرة من قبل الشاب هوروك Horrocks، قرب ليفربول (وكان هذا الفلكي الشاب المأساوي المصير، 1619 ـ 1641 ،) اول من طبق قوانين كبلر على حركة القمر مثبتاً تنوع الخروج عن المركز، وتأرجح المحور الكبير خلال المدار وتتبع هفليوس Hevelius في دانزغ وهويجن في لندن، مرور عطارد في 3 أيار 1661 (وكان هذا ثالث مرور رصد).

هذا الجدول السريع قد يعطي فكرة عن كثرة الارصاد المفيدة. انما يجب الاعتراف ايضاً بمحدودية الغنى الناتج عن هذه الارصاد. لا شيء يشبه في كل هذه القوة الخلاقة عند شخص مثل كبلر اوغاليليه. اما الجدة فاتت من التقدم في صنع الآلات من قبل عالم كامل هو هويجن.

هويجن ـ استهوت المسائل البصرية هويجن الذي فهم ان التقدم الجديد في مجال علم الفلك مرهون بتحسين الالات. وفصل اول ناظور له في سنة 1655. وفي سنة 1659 كتب ما يلي : « يوجد في التلسكوبات المزودة فقط بزجاجات محدودبة ، مكانٌ ما يقع بالنسبة الى العين على مسافة اكبر بمرتين تقريباً من المحدودب بحيث انه اذا وضعنا في هذا المكان داخل الانبوب شيئاً دقيقاً وصغيراً منتهى الصغر، فان هذا الشيء يُرى واضحاً ضمن اطار في منتهى الوضوح، بحيث انه يسحب من الرؤية ، وبنسبة تتناسب مع ابعاده الجانبية ، قسماً من شيء مضيء مثل القمر منظوراً اليه بواسطة التلسكوب . . » .

هذا النص الذي يعالج فيه هويجن « الفاصلة »، التي هي جدة الميكرومتر، يدل على ان فوائد جهاز الرؤية اللام او الجامع، التي اشار اليها كبلر سنة 1611، هذه الفوائد بقيت 50 سنة حتى دخلت في مجال التطبيق العادي. واذاً فقد فهم هويجن تماماً اي مكسب يمكن ان يستفاد بالنسبة الى قياسات الزوايا .

الا إن التقدم الذي حقق في قطع العدسات ، وبصورة خاصة من اجل اعطاء سطوح العدسات الانحناءات المطلوبة ، بدقة كافية، مكنت هويجن من ان يضيف الى اكتشافات غاليليه مكتسبات مفيدة جداً

لا شيء يشبه، بالضبط ، الضجيج المفتعل الذي تسبب به كتاب سيدروس نونسيوس Sidereus nuncius. ولكن سنة 1655 تعتبر انطلاقة جديدة لعلم النحوم المبني على الرصد .

فقد اكتشف هويجن ، بادىء الامر، تيتان Titan، وهي اكبر التوابع بالنسبة الى زحل Saturn، فالقمر والتوابع الأربعة الغاليلية للمشتري، هذه هي إذن ستة توابع معروفة ككواكب سيارة. هذه المطابقة العددية، ارتدت في نظر هويجن معنىً : فقد بدا له انه من المستحيل ان يكون هناك عدد من التوابع يفوق مجموع عدد السيارات. وسادت الفكرة « المسبقة » على امكانات الرصد. واكتشف ج - د. كاسيني J. –D.Cassini التابع « جابيت » Japet سنة 1671 ثم « ريها » Rhéa سنة 1672، دون ان تتوفر له آلة متفوقة على آلة هويجن (اكتشف كاسيني Cassini ايضاً تابعين آخرين لساتورن : تيتيس Téthys وديوني Dioné في أذار سنة 1684) .

ولكن مميزات هويجن كراصد اخذت كل امتيازها سنة 1656 عندما اوضح سر « الكوكب السيار ذي الاجسام الثلاثة »، أو « الكوكب المثلث» كما قال غاليلي. ورأى هويجن ووصف بدقة « الحلقة ». لقد اختفت هذه سنة 1655، ولكن هويجن استطاع ان يتتبع عودتها البطيئة المتتالية. صحيح انه اتخذ « الحيطة » باخفاء المعنى الحقيقي لاكتشافه بشكل جناس تصحيفي :

AAAAAA CCCCC DEEEEEG H III IIII LLLL MM NNN NNN NNN OOOO PP Q RRS TTTTT UUUUU (O

(مذكرته : ساتورنو لونا نوفا، Saturni luna observatio nova، 1656)

ولكنه، في سنة 1659 وفي كتابه « سيستما ساتورنيوم» Systema Saturnium اعطى التفسير : حلقة رقيقة، سطح بدون تماسك، منحدر فوق المدار.

وتوقع ايضاً اختفاء هذا الشيء الغريب (معلناً حصوله في تموز آب 1671، بدلاً من ايار) وفسر بدقة هذه الاختفاءات الدورية : عندما تكون الشمس والارض، على التوالي في سطح الدائرة او الحلقة ، تعمل رقة الشيء ، وانعدام الظل المحمول على حجبه عن نظرنا .

ان ميزة هذا الاكتشاف ، وميزة تفسيره الصحيح يجب ان لا يقلّل من قيمتها : فلم يعرف اي شيءٍ مشابه ، ونعرف ان شيئاً مماثلاً لم يكتشف بعد ذلك. الا ان هويجن بالذات يلاحظ : « اذا كان المراقبون السابقون قد استعملوا مناظير اكبر ومجهزة بعدسات افضل، فانهم من غير شك على الاطلاق، كانوا قد رأوا نفس الاشياء التي رأيناها سنة 1655، وكذلك في 13 تشرين اول من السنة التالية » (سيستما ساتورنيوم Systema Saturnium، 1659) .

ان الترابط المتين بين تقدم آلات الرصد والقياس وتقدم العلم بالذات، وهي فكرة عادية اليوم، بدت تحت قلم هويجن، مؤشراً على عصريته. وقد ساهم ايضاً في تحقيق نفس الفكرة، حين قدم في 16 حزيران 1657 عمله حول الساعة ذات الرقاص : وسوف تلعب هذه الآلة دوراً اساسياً عندما سوف تصبح القياسات الطولية الدقيقة ممكنة .

في الوقت الذي انشأ فيه لويس الرابع عشر اكاديمية العلوم واسس مرصد باريس، استدعي هويجن الى باريس من قبل كولبير Colbert. وعرف فيها بيكار Picard ، أوزو Auzout ، وكاسيني

Cassini . ولكنه اضطر ان يقطع علاقاته بفرنسا قبل نقض مرسوم نانت Nantes . وعاد الى هولندا ، فكرس بقية حياته في بناء الآت البصريات ، بمساعدة أخيه .

المنظار آلة قياس ـ بعد اختراع الناظور بمدة طويلة ظلت العضاداتAlidades ذات الوريقات مستعملة كأدوات وحيدة لقياس الزوايا . وجمع هفليوس Hevelius ملاحظات المواقع الحاصلة بالعين المجردة والتي لم تكن ذات فائدة كبيرة : لقد استخرج كبلر كل ما يمكن استخراجه من القياسات الممتازة التي حصلها تيكوبراهي Tycho Brahé . ربما كان الرصاد روتينيين جداً ، وكان ينقصهم الخيال الميكانيكي . ويمكن الظن ايضاً ان جذب الجديدات ، والمظاهر التي تفوق التصور في السماء كانت تكفي لاجتذاب الانتباه .

وربما كان جان باتيست موران Jean –Baptiste Morin هو اول من فكر في ان يزود الناظور بدائرة مقسمة . ولكن ناظور موران لم يكن مزوداً بشبكة : واذا لم يكن خط التصويب محدداً

في كانون الاول 1666 قدم آدريان اوزو Adrien Auzout الوصف الكامل لميكرومتر ذي برغي مزود بخيوط ثابتة وبخيوط متحركة . وفي السنة التالية : « الاسلوب الصحيح لاخذ قطر الكواكب ، والمسافة بين الكواكب الصغيرة ، ومسافة الامكنة الخ . ولكن المداخلة التي اجراها حول هذا الموضوع في « الجمعية الملكية » في لندن في 28 كانون الاول 1667 ، اشارت الى القياسات حول الثريا ، والتي تمت بالاستعانة بالميكرومتر من قبل كرابتري Crabtree (1619 ـ 1644) . ويبدو انه من الممكن ان تكون اعمال غاسكوانيه Gascoigne وكرابتري Crabtree ، وحتى اعمال الشاب هوروك Horrocks ، الذي سبق وورد ذكره بمناسبة الحديث عن مرور الزهرة ـ مجهولة من جراء الاضطرابات التي خضت انكلترا في تلك الحقبة من تاريخها .

ومهما يكن من امر ، فان تعميم استعمال الميكرومتر بحسب التقنيات التي وضعها اوزو [1] Auzout حصل سنة 1666 .

وسرعان ما قام جان بيكار Jean Picard (1620 ـ 1682) الذي كان رئيس علم الفلك الفرنسي ، قبل مجيء كاسيني ، بتركيب ناظور ذي شبيكة بصرية فوق ربع الدائرة (ذات شعاع 1,03 م) استعمله لكي يقيس الدرجة الأرضية . وقد تم هذا القياس الشهير بحسب أسلوب الزوايا المثلثة الذي وضعه سنيليوس : Snellius .

وجرى قياس ثلاثة عشر مثلثاً بين سوردون Sourdon ، قرب اميان Amiens ومالفوازين

(1) نعثر على تفصيلات حول هذا الخصام على الاسبقية في دانجون Danjon وكودر Couder : نواظير وتلسكوبات ، ص 627 – 629 ؛ وعند هنري رينان Henri Renan . الميكرومتر الجديد المسجل للدائرة الهاجرية (Meridien)في بستان مرصد باريس . (حوليات مرصد باريس ، مجلد 26 ، وفي الاطروحة المسحوبة التي وضعها ر. مك ـ كون R.Mc. Keon ، باريس ، 1965) .

Malvoisine ، قرب باريس . ان القوس 1°22′55″ يعادل 850 78 قامة أي ما يعادل 57060 قامة بالدرجة . وسوف نرى كيف أن هذه النتيجة ، وهي تصحح التقديرات القديمة ، أفادت نيوتن .

واصبحت العناصر المختلفة لصنع آلةٍ لرصد المرور متجمعة . وفهمَ بيكار Picard هذا، كما فهم اهمية القياسات ذات الدقة المتناهية . وكان سابقاً لزمانه، فآلى على نفسه قياس زاوية الاختلاف للنجمة α من النسر الواقع . ولم يكن بالتأكيد ليقدر على ذلك . ولكن مبادرة أخرى من مبادراته تستحق ان تذكر: فبعد ان استكمل الفلكي الدانزيكي جان هيكر Jean Hecker وضع جداوله الفلكية سنة 1680، اقترح بيكار سنة 1679، حساب « معرفة الازمنة او الحركات السماوية »؛ ووضع بيكار السنوات الخمس الأولى؛ وخلفه لوفِفْر Le Fèvre حتى سنة 1702، واعتاد ان يقدم الكتاب كل سنة الى الملك .

ومات بيكار قبل انهاء اول آلة الهاجرة (نصف النهار) في مرصد باريس وهي قطاع حائطي وضع قبالة البرج الغربي من المرصد من قبل ف. دي لاهير Ph. de la Hire . ولكن بعد ذلك الحين، اصبح تقدم عالم الفلك مرتبطاً بتنظيم المراصد الكبرى .

المراصد الكبرى - تمَّ تأسيس مرصد باريس بناء على قرار من لويس الرابع عشر سنة 1667 . ومن اجل مقارنة الرصودات والقياسات الجارية في باريس، برصودات وقياسات تيكو براهي، ارسِلَ بيكار الى الدانمرك، بمهمة اعادة القياسات من موقع اورانيبورغ Uraniborg، حيث المرصد الشهير، مرصد تيكو. وكانت رحلة مثمرة حقاً : بين بيكار ان القياسات الهاجرية (خط نصف النهار) التي وضعها تيكو يجب ان يدخل عليها تصحيح مقداره (′18)؛ ودون ان ينتبه للامر، اثبت ظاهرة الانحراف [1]: « يقول بيكار : ان النجم القطبي يتعرض لتغييرات لم يلاحظها تيكو، وانا ارصدها منذ عشر سنوات » (1672). واخيراً، وليس هذا بالنتيجة الاقل لرحلته ، عاد بيكار الى باريس وبرفقته فلكي شاب سوف يكون مشهوراً هو اولوس رومر Olaus Romer . وهكذا تكونت مدرسة باريس الفلكية من بيكار، وأوزو Auzout، ورومر Romer وهويجن. وبعد 1669، ضمت هذه المدرسة كاسيني Cassini الذي سوف يصبح رئيسها .

ولد جان دومينيك كاسيني Jean – Dominique Cassini في كونتية نيس سنة 1625، وعلم بعد 1650 الرياضيات وعلم الفلك في جامعة بولونيا. وفي هذا المكان، استلم، سنة 1669، طلب لويس الرابع عشر اليه لينضم الى العلماء في اكاديميته الجديدة للعلوم (واعطي الجنسية الفرنسية سنة 1673). وقد سبقت الاشارة الى اكتشافاته لتوابع زحل ؛ وفي سنة 1666، حصل على تقدير جيد لدوران المرّيخ (24س 40د بدلاً من 24س37 د). وفي باريس سنة 1675 اكتشف انفصال حلقة زحل الى قسمين (وحمل الاكتشاف اسمه فقيل قسمة كاسيني للدلالة على هذه الفرجة بين الحلقات) .

(1) أنظر لاحقاً « معرفة النظام الشمسي » .

ووضع جداول دقيقة لتوابع المشتري، وطلب الى رومر ان يتثبت منها. ولكن هذا وجد تأخيراً او تقدماً منهجياً في كسوفات هذه التوابع، بحسب ما اذا كان المشتري متصلاً أو مقابلاً. والى رومر وحده يعود الفضل في التأويل الصحيح لهذا الفارق في التوقعات: ان الفارق الشامل (22 د بحسب قياساته بدلاً من 16 بحسب القياس الحديث) يمثل ضعفي الوقت الذي يضعه النور ليجتاز المسافة من الشمس الى الارض. ومذكرة رومر Romer حول سرعة النور يعود تاريخها الى 22 تشرين الثاني 1675، كما تذكر ذلك في مرصد باريس لوحة تذكارية عن هذا الاكتشاف الذي يعتبر مرحلة جديدة في دراستنا للعالم الفيزيائي.

اما تأسيس مرصد غرينتش فله نشأة مختلفة تماماً. فقد قرر الملك شارل الثاني، بناء على اقتراح جون فلامستيد John Flamsteed (1646 ـ 1719)، الذي استشير حول مشروع يتعلق بقياس خطوط الطول في البحر، تأسيس مرصد، وعين فلامستيد فلكياً ملكياً (مع راتب قدره (100)ليرة في السنة) بهدف القيام بكل رصد مفيد للملاحة ولعلم الفلك. وقد جاءت الملاحة قبل الفلك، مما يفسر اختيار الموقع، في ساحة غرينتش، المشرفة على مصب نهر التايمس. وكانت فكرة فلامستيد كما يلي: تنظيم جدول بالنجوم مع الاستعانة بقياسات الناظور لتحسين النتائج التي حصل عليها تيكو Tycho؛ ثم الحصول على جداول صحيحة عن القمر؛ ذلك ان تنقل هذا الكوكب السيار فوق سطح كرة الثوابت يشكل علامة بالنسبة الى البحارة، فيتيح لهم، بعد معرفة ساعة لندن، كيف يقدرون خط الطول الذي هم فيه. ولم يمتلك فلامستيد آلة مرضية الا بعد 1689، ومن هنا قلة عجلته في نشر النتائج التي حصل عليها، وهذا البطء جلب له عداوة نيوتن. ونفهم عجلة هذا الاخير لمعرفة ما اذا كانت رصائد القمر تؤكد وتثبت النظرية المرتكزة على معطيات اقل دقة.

ويجب قرن اسم فلامستيد Flamesteed باسم خليفته المستقبلي ادمون هالي Edmund Halley (1656ـ 1742) الذي كان استاذ الجيومتريا في اوكسفورد. وكان صديقاً لنيوتن، فالح على هذا الاخير حتى ينشر «المبادىء»، وهذا يكفي لبيان فضله. ولكن اسمه اشتهر باسم المذنب الذي رُئي في سنة 1681 ـ 1682 قبل مروره وبعد مروره في مركزه الاقرب الى الشمس وقدم عناصر مساعدة جداً للحسابات. وحسب مداره، ثم بعد ان عرف ان نفس المذنب قد درس سابقاً، استطاع ان يتنبأ بعودته في سنة 1758[1]. واخيراً درس هالي المغناطيسية الارضية، وبهذا الشأن، قام برحلة الى نصف الكرة الجنوبي، حاملاً عند عودته ارصاداً فلكية ثمينة حول قسم من السماء غير معروف بصورة جيدة.

III ـ الانجازات الفلكية التي حققها نيوتن

تعتبر اعمال نيوتن تتويجاً ونهاية للعمل الفكلي في القرن السابع عشر، وهي تتجاوز اطار علم الفلك كما تتجاوز اطار الميكانيك. والرجل الذي قال «اذا كنت قد رأيت ابعد من الاخرين،

(1) حول هذا الموضوع انظر فصل «معرفة النظام الشمسي».

فذلك لأني صعدت فوق اكتاف العمالقة ». هذا الرجل هو احد المنارات في الفكر البشري التي تعتبر معالم التاريخ. واشعاعه لا يمكن ان يحد بفصل واحد من فصول العلم.

ولد في ولستورب، في لينكولن شاير Lincolnshire، في انكلترا، في الخامس والعشرين من شهر كانون الاول سنة 1642 (نمط قديم). اهتم نيوتن بالرياضيات اولاً، في جامعة كامبردج حيث دخل اليها سنة 1661. وقد اجبرته سنوات الطاعون الكبير (1665 — 1666) الى العزلة المطلقة في بلده الام. هذه السنوات اتاحت له ان يشرع بحماس في تكوين عمل حياته[1].

اذا كانت افكار نيوتن هي ثمرة تأمل عميق ومنعزل، فاننا نفهم بصورة افضل مداها اذا ذكرنا كيف كان سابقوه وبخاصة كبلر يطرحون مسألة الجاذبية الارضية والجذب الكوني.

اثبت آ. كويري A.Koyré انه اذا كانت الجاذبية الارضية، والجاذبية الكونية تبدوان لنا مرتبطتين، ان هذه الشراكة الطبيعية لم تكن تبدو كذلك لرجال القرن السابع عشر ولا لنيوتن ايضاً: ان الجاذبية الارضية ملموسة مباشرة اما الجذب الكوني فهو عمل من بعيد، لا يمكن ان يوجد الا بين اجسام توصف بانها متشابهة.

يصرح كبلر في كتابه استرونوميانوفا، 1609، ان الجذب المتبادل بين الاجسام ذات الوزن هو اساس نظرية الجاذبية الارضية، وان هذا الجذب يتناسب مع الضخامة او جرم الاجسام. ولكن هذا الجذب المتبادل يبدو له ممكناً فقط بين اجسام من ذات العائلة، مثل الارض والقمر، لا بين الارض والكواكب، وبصورة خاصة لا بين الشمس والكواكب الاخرى: ان الشمس هي ذات مفعول محرك (كان كبلر يجهل مبدأ الجمود ومبدأ استمرارية الحركة في نظره كان يقتضي وجود قوة ذات منشأ مغناطيسي او شبه مغناطيسي).

اما مفهوم الجذب الذي يقتضي فعلاً من بعيد، فقد انكره ج. آ. بوريلي G.A. Borelli (1608 ـ 1679). ولكن كتابه تيوريكامديسا... (فلورنسا 1666) يشير الى قانون الجمود. والحركة الدائرية بين الكواكب تجر وراءها وجود قوة نابذة يجب ان تعادل القوى الجاذبة.

ويقتضي قانون الجمود ايضاً ان يكون الفضاء لا متناهياً ومتجانساً. وهنا يصيب بوريلي الهدف تقريباً. ولكنه لا يصل اليه لانه يرفض فكرة الجذب لان معارفه الرياضية الناقصة لا تسمح له بان يستمد كل النتائج. بعد ان ذكرنا بايجاز ماهية افكار العلماء في القرن السابع عشر حول مسألة ميكانيك السماء، عندها تتجلى اصالة فكر نيوتن وطريقته ضمن اطارها. وبدون ان يعرف، على ما يبدو، أفكار بوريلي، وضع معتصم ولستورب Woolsthorpe بصورة كاملة حساب القوى النابذة. واستخرج

---

(1) قال سنة 1714 عن هذه الحقبة: كنت يومئذٍ في اوج قوتي الخلاقة، وكنت مولعاً بالفلسفة بشكل لم يتح لي فيها بعد. (ذكره آ. كويري).

من حركة الكواكب ماهية زخم القوى الجاذبة التي تعادل القوى النابذة ، من اجل الاحتفاظ بشكل دائم ، بالكواكب في مداراتها .

وهكذا وجد ان الشمس تجذب الكواكب بمعدل عكسي لمربع المسافة بينها . فضلاً عن ذلك بعد ان قارن جذب الارض للقمر، وقوة الجاذبية التي تهبط بالاجسام فوق سطح الارض، استطاع ان يحدد بشكل عام ماهية هاتين القوتين .

ومهما بدا هذا العمل عبقرياً ، يبقى انه غير كامل ، ولم تخف هذه الصفة على نيوتن الذي لم يشأ ان يعلنها : وبالفعل وضع قانون الجذب على اساس عكس مربع المسافة، مفترضاً ان حركة الكواكب دائرية . ومن جهة اخرى ان المقارنة الدقيقة بين الجاذبية الارضية والجذب السماوي يتطلب معرفة قانون جذب شيء (الجسم الثقيل) من قبل كرة ملآنة، (الارض) . وكان من الواجب ايضاً، وان كان هذا اقل اهمية ، الحصول على قياسات دقيقة حول زخم الجاذبية، وحول شعاع الارض .

واخذ فكر نيوتن يتصاعد ببطء، ضمن هذا المجال من الميكانيك، وبذات الوقت اخذ يطوق اعماله حول البصريات . في هذه الاثناء اخذ يتمثل تدريجياً كتاب هويجن (تأرجح الرقاص، 1673) . وحملته المناظرات مع هوك (1635– 1703) الى استعادة مجمل الموضوع، وفي كتابه الذي صدر سنة 1674 بعنوان: « محاولة لاثبات حركة الأرض» . . . اعتمد هوك بصورة نهائية قانون الجمود، واعاد النظر بفكرة الجذب المتبادل بين الكواكب والشمس دون ان يستطيع التوصل الى قانون الجذب .

وفي سنة 1680 عاود نيوتن النظر في تفسير حركة الكواكب، ولكنه هذه المرة اعتبر الحركة بيضاوية ،وانها مسببة، بفعل قوة مركزية، الجذب من قبل الشمس على الحركة المستقيمة التي تحدث بفعل الجمود فقط . وعندها برزت امام عينه نتيجتان اساسيتان، وفي الحال :

1 ـ كل حركة خاضعة لقوة وحيدة ومركزية تخضع الى قانون المساحات (القانون الثاني عند كبلر) .

2 ـ اذا كان الفعل المركزي متناسباً عكسياً مع مربع المسافة، فان المسار هو مخروط، احدى بؤرهتقع في مركز الجذب . (القانون الاول عند كبلر) .

وبين ايضاً ان قوانين كبلر تؤدي ، عكسياً الى القول بان قوة الجذب تتجه نحو المركز وان زخمها يتناسب عكسياً مع مربع المسافة . واخيراً جر قانون الجذب هذا قانوناً ثالثاً (الهرمونيك = الانسجام) .

وبعد 1684 اعلن نيوتن ، في كتيب اسمه الدافع = ديموتو De motu ، قدمه هالي الى الجمعية الملكية ، مجمل هذه النتائج . ولكن كان هناك حلقة أساسية ناقصة في هذا البناء . وفي سنة 1685 فقط استطاع ان يحكم السبك فقال: من اجل جذب يتناسب عكسياً مع مربع المسافة، ومن اجل قانون الجذب هذا فقط، يساوي جذب جسم من قبل كرة ملآنة ، الجذب الذي تحدثه كل ماهية الكرة اي جرمها المتمركز في مركزها .

ولكي يثبت نيوتون ذلك توجب عليه ان يستكمل، بل ان يوجد اداة جديدة رياضية سماها حساب التدفقات، وهو اساس الحساب التفاضلي وحساب التكامل.

وفي سنة 1685 انهى نيوتن كتابه الرئيسي: الفلسفات الطبيعية مبادىء الرياضيات. وبذات الوقت اتاحت اعمال هويجن (حول قياس تسارع الجاذبية الارضية) واعمال بيكار Picard (حول قياس شعاع الارض) اتاحت لنيوتن ان يكمل المقارنة الفعلية لقوى الجاذبية الارضية والجذب الكوني. واخيراً ظهر العمل الذي سجل احدى ذرى تاريخ الفكر البشري، وذلك سنة 1687. وقد دلت على اهميته مجموعة اعمال خلفاء نيوتن. في الفلك سوف يكون العمل الكامل تقريباً في القرن الثامن عشر، مرتكزاً على نتائج قانون الجذب الكوني.

ولن ننهي هذا الفصل بدون التذكير بان عمل نيوتن في البصريات، قدم ايضاً لعلم الفلك وسيلة جديدة للرصد هو التلسكوب ذو الانعكاس[1] كما قدم ايضاً وعداً بتطور عجيب: التحليل الطيفي للضوء، تحليل لن يفهم معناه الا في القرن التاسع عشر.

من المنظار الى المراصد - وبين غاليليه ونيوتن فترة شباب علم الفلك الحديث، مع ما فيها من حماس واخطاء ايضاً، ولكن بنشاط وبمكاسب جعلت منها حقبة في تاريخ الاكتشاف الكوني.

ومن كبلر الى نيوتن مروراً بهويجن وبيكار Picard، نضج العلم الحديث. واهمية عمل نيوتن من الناحية النظرية يجب ان لا تنسينا العمل المزدوج الذي قام به رصاد مشهورون او مغمورون: فمن الممجد كاسيني Cassini، الى المغمور غولتيه دي لفاليت Gaultier de la Valette، هناك عمل جماعي قامت به مجموعة من الراصدين. لقد ارتدى العلم الاعرق حيوية جديدة. ويكفي اسم غاليليه لكي يذكر بان هذا العلم ظل اكبر محرر للعقل البشري..

(1) هذه الالة التي شرحت نظريتها من قبل جيمس غريغوري James Gregory سنة 1663 انجزها تقريباً وبآن واحد، وباشكال متقاربة، كاسغرين Cassegrain ونيوتن. وقد قدم هذا الاخير التنه الى الجمعية الملكية في شباط 1672. والتطور اللاحق الذي اصاب التلسكوب سوف نستعرضه في المجلد الثالث عند درسنا لانجازات وليم هرشل William Herschel.

الفصل الرابع :

ولادة البصريات الرياضية

I ـ التقنيات التجريبية والنتائج الحاصلة

الادوات البصرية في بداية القرن السابع عشر ـ ارتبط التجديد الذي ظهر في تطور البصريات منذ بداية القرن السابع عشر، في معظمه، بالتقدم التقني، المتواضع والمغفل غالباً، الذي حققه صنع ادوات بصرية، وعدسات، ومجاهر (ميكروسكوب) ونواظير نجومية (فلكية)

ونشأة العدسات المخصصة للمناظير غير معروفة تقريباً . وفي بعض الاحيان يعزى اختراعها الى الفلورنسي سلفينو دجلي آرماتي Salvino degli Armati(1299) . والأغلب والأرجح أن نشأة صنع العدسات هي نشأة احترافية مغفلة، وهذه العدسات الزجاجية المحدبة ثم المقعرة او الجوفاء كانت تستعمل للحصول على مفاعيل تكبير ولتصحيح الرؤية . وحتى القرن الخامس عشر كان الاهتمام قليلاً جداً بدراسة عملية العدسات الزجاجية دراسة علمية .

وقد سبق ان بنى ليوناردا فنشي Léonard de Vinci غرفة مظلمة واخذ يقارن شغلها بشغل العين. ومن جهة اخرى، ومنذ القرن السادس عشر استعملت المرآة المقعرة كميكروسكوب (جيوفاني رونسلي 1523) واخيراً وحوالي 1550، وفي صقلية انجز ف . موروليكو F.Maurolico دراسة منهجية حول الموشورات وحول المرايا الكروية، وحول عملية الرؤية. وتدل اعماله التي لم تنشر الا في سنة 1611 على اعمال كبلر الذي بدا جاهلاً لها جهلاً تاماً .

واللامبالاة التي لاقى فيها الفيزيائيون العدسات الزجاجية، تعزى في معظمها الى الحذر الذي رافق النتائج الحاصلة على هذا الشكل. فقد كان العلماء يعتبرونها كالاعيب تحل الوهم والخيال محل الرؤية البسيطة والصحيحة .

وقد ظهر اول كتاب منهجي وانتشر بصورة واسعة، حول العدسات بقلم النابوليتاني ج . ب . ديلا بورتا G.B.Della Porta (السحر الطبيعي، طبعة 1589,2) . وبدت العدسة او البويضة الزجاجية وكأنها تدخلت ايضاً في وصف الناظور ذي المعاين المنفرج . فضلاً عن ذلك، صنع في سنة 1590 اول منظار ذي معاين منفرج . ولكن صنع الادوات المماثلة تطور في هولندا بعد 1604 .

وفي سنة 1610 لفت غاليليه Galilée الانتباه الى الإمكانات التي يمكن أن يقدمها الناظور ذي المعاين المنفرج . وباستخدام هذا الناظور لرصد الظاهرات السماوية، أثبت غاليليه وجود توابع المشتري ومع ذلك فالنتائج الحاصلة على هذا الشكل كانت موضوع نزاع بين غالبية الفيزيائيين. فحتى كبلر نفسه وقف محجماً تجاهها في بادىء الامر، ولكن بعد ايلول 1610 أيد بصورة رسمية صحة تجارب غاليليه . وفي كتابه ديوبتريس Dioptrice، المنشور سنة 1611 طور كبلر علماً بصرياً جيومترياً للعدسات وللناظور النجومي الذي وضعه غاليليه، كما طور آلة التصوير من بعد. واتاح استعمال الحواجب، حين ضيق على الرزمات الضوئية ، وحصرها بالأشعة المركزية ، اقامة توافق تناظري بين نقطة الصورة ونقطة الشيء . واخيراً بدا ان الشكوك التي كانت تحيط باستعمال العدسات وبصورة خاصة الناظور النجومي قد زالت فتحسين الناظور اتاح تقدماً ضخماً ومباشراً في مجال علم الفلك وعلم البصريات .

تقدم التقنيات الآلاتية : الناظور النجومي والمجهر او الميكروسكوب - رغم اشتهار اكتشافات غاليليه ظلت نماذج النواظير النجومية نادرة. وظل بناء هذه الالات صعباً . فقد كان بناؤها مقصوراً على الشخصيات العلمية او علماء البصريات المشهورين مثل ديكارت Descartes وهوك Hooke وهويجن Huygens الذين لم يكونوا يأنفون من صنعها بايديهم ، رغم دقة هذا الصنع .

وكانت النواظير الاولى النجومية مكونة من عدسات محاطة بانابيب من كرتون تنزلق بعضها فوق بعض. ولكنها استبدلت سريعاً بانابيب من نحاس اصفر. الا ان زيادة قوة هذه المعدات كان يقتضي زيادة في المسافة البؤرية للعدسات وبالتالي زيادة في طول الانابيب. ووجد هويجن حلاً لهذه المسألة حين استبدل انبوب الناظور النجومي بحاملة صلبة. وبعدها اقتصرت الصعوبات على صنع الزجاجات. وفي 1660 تقريباً مكن تقدم الصقل الزجاجي من الحصول على عدسات مكبرة جداً.

ويبدو من الطبيعي جداً تطبيق مبدأ المنظار النجومي في بناء العدسات الامر الذي مكن من مشاهدة الاشياء الصغيرة. والواقع ان التفريق الواضح بين الميكروسكوب والمنظار لم يحصل الا بصورة تدريجية. ففي بداية الامر بدا ان ذات النظام البصري قد استخدم لعدة غايات بعد ادخال تعديلات تفصيلية .

وظهرت المجاهر الاولى حوالي 1615، ولكنها ظلت خلال النصف الاول من القرن السابع عشر في حالة النماذج النادرة . وكان اشهرها هو ميكروسكوب ديكارت الشهير ذو العدسة الشديدة التحدب. واقترن صنع المجاهر بصعوبات اكبر من الصعوبات التي اعترضت بناء العدسات : فسوء نوعية الزجاج كان يتعارض مع وضوح الصورة. والزيغ التلويني لم يكن يعطي الا نتائج مشوشة لم تكن تشجع الصناع على تكثيف صناعة قليلة المردود. وظهرت اول دراسة ميكروسكوبية حقه حوالي 1660فقط، في كتابات هوك Hooke (ميكروغرافيا، لندن 1665)، ثم تلاه سومردام Swammerdam وملبيجي Malpighi واخيراً ليونهوك Leeuwenhook . وكانت فائدة

الملاحظات المحققة بواسطة الميكروسكوب قد بدت بعد ذلك اكيدة. وفي اواخر القرن السابع عشر انتشر صنع هذه المعدات انتشاراً كبيراً .

وبدت المجاهر البسيطة (اي المصنوعة من عدسة واحدة) وكأنها اعطت نتائج مرضية في تلك الحقبة. واستخدم ليونهوك Leeuwenhook مجاهر بسيطة ذات حجم بسيط. واصبح هذا النوع من الالات شائعاً خلال السنوات الاخيرة من القرن السابع عشر. واضيفت اليه توابع تسهل استعماله مثل الحمالات المتحركة، والمسطبة التي تدور في مكانها. واستخدمت ايضاً كرات زجاجية صغيرة جداً لتحل محل العدسات الصغيرة التي كان استعمالها صعباً للغاية .

ومن جهة اخرى ومنذ منتصف القرن السابع عشر تم صنع مجاهر معقدة. فقد صنع الاخوان هويجن في تلك الحقبة مجاهر ذات ثلاث زجاجات. العدسة التي تلي الهدف او الهادفة والعدسة التي تلي العين او المعاين والعدسة الوسيطة او الحقلية. وكانت هذه العدسات مغروسة ضمن انبوبين جرارين . واجرى هوك Hooke ملاحظاته بواسطة مجاهر مركبة من هذا النوع، تتضمن عدة انابيب انزلاقية ميالة. وكانت قوة التكبير فيها تتراوح بين 30 و40 مرة.

وادخلت تحسينات مهمة، وبصورة تدرجية في صنع المجاهر المركبة. وفي سنة 1668 استعمل معاين مكون من عدستين كل واحدة منهما مسطحة من جهة ومحدودبة من الجهة الاخرى. وفي اواخر القرن السابع عشر توصل الصناع الى صنع مجاهر ذات مفصل دائري يسمح بميل الحامل وتدويره في كل الاتجاهات. وصنع ايضاً مجاهر ذات لولب استرجاعي ثم ذات لولب ميكرومتري بحيث يسهل التصويب وهذا كان امراً شاقاً ودقيقاً . وقد عرف من ذلك الحين مجهر وحيد ذو معاين مزدوج اي ذو انبوبين. وقد صنع سنة 1722 بناء على توجيهات الاب شاروبين Chérubin .

المعطيات التجريبية في أواخر القرن السادس عشر. منذ العصور القديمة كانت خصائص الاشعة الضوئية معروفة من حيث النوعية : انتشار مستقيم، ارتداد وانكسار. وبصورة مبكرة استخدمت خصائص العدسات والمرايا الكروية، وكذلك ظاهرات تشتت الضوء عن طريق الموشور. وقد وصف اقليدس هذه التجارب في كتابه كاتوتريك كما وصفها بطليموس Ptoléméé وداميانوس Damianus في كتاب أوبتيكا (راجع المجلد 1 ، القسم 2 ، الكتاب 2 ، الفصل 2) . ولكن للاسف لم تكن هذه المعلومات غير الدقيقة تسمح بالحصول على أي تبسيط للمعطيات التجريبية وبالتالي لم تكن تسمح بأي نتيجة كمية .

هذا الفشل امتد حتى ان ابن الهيثم اقترح في مطلع القرن الحادي عشر تفسيراً ميكانيكياً لانعكاس النور على المرايا المسطحة والكروية (راجع المجلد 1 ، القسم 3 ، الفصل 2) .

وشرع في تفسير مثير لانحراف الضوء الا انه لم يصل به الى اي استنتاج واضح .

وفي بداية القرن الثالث عشر ظهرت معالم نوع من التجريد التجريبي. وتكاثرت التجارب

واستخدمت الغرف المظلمة والموشورات والعدسات والمرايا من كل الانواع. ومع ذلك واذا كان استخدام العدسات شائعاً فإن كيفية عملها ظل غامضاً. لا شك أن باكون Bacon شرح البناء الهندسي لنقطة الاشتعال الحاصلة من جراء عدسة محدودبة منارة باشعة الشمس. وعلى كل حال ظل القانون العام للظاهرة غير معروف (راجع المجلد 1 ، القسم 3 ، الفصل 8) .

وفي سنة 1593 حاول ديلا بورتا Della Porta ان يفسر انحراف الضوء في وسط محدد بسطح مسطح (ديرفراكسيونه) De refractione واصطدم بصعوبات ضخمة سببها عدم وضوح المعلومات لديه، وخاصة اوالية الرؤية التي استخدمها. وحتى بداية القرن السابع عشر بدا وكان الفيزياء التجريبية لم تكن تعرف كيف تطرح بشكل صحيح المسائل التي كانت تهمها، مع اشتباهها ببعض السمات في حلول كان يمكن ان تستعمل في هذه المسائل.

التقدم المحقق في التقنيات التجريبية وفي تفسير النتائج الحاصلة ـ استطاع كبلر ان يحرر من التجربة العناصر الاساسية التي سوف تستخدم لتوضيح قوانين علم البصريات الهندسي.

وفي كتابه المسمى « فيتيليونم. . . AD. Vitellionem 1604 » عدد في بضعة احكام ومقترحات المبادىء التي تسود انتشار الضوء المستقيم ، ثم اقترح نظرية للصور الحاصلة عن طريق الانعكاس وعن طريق الانكسار. كانت نظرية حديثة من حيث الاستنتاجات التي تؤخذ منها وخاصة من حيث الافكار التي تستخدمها: في كل نقطة هدف من الممكن ان نجد لها نظيراً في نقطة صورة. وهذه الصورة قد تكون خيالية وتخيلية، اذا كان الشعاع الذي يتلقاه الناظر قد كُسِر من قبل بفعل انعكاس او انحراف؛ وعندها تبنى الصورة في الامتداد المستقيم للاشعة المرتدة فعلاً الى الناظر. ومع ذلك ، ورغم دراسة مفصلة لظاهرات الانكسار، لم يتوصل كبلر الى استخراج القانون الصحيح. الا انه لاحظ نسبية زوايا الانحراف والانعكاس بالنسبة الى الانعكاسات الضعيفة. والمسألة وان لم تحل الا انها طرحت طرحاً سليماً وصحيحاً .

واستطاع كبلر باستعمال مناهج مماثلة ان يفسر تفسيراً صحيحاً عملية الرؤية. ولهذا فقد فصل وظيفة العين وهي اداة البصر، عن تدخل الناظر تدخلاً معقداً . وبفصل مسألة الابصار عن مسألة الفيزيولوجيا المقترنة بها دائماً ، استطاع ان يوضح دور الحجاب ودور الشاشة اللذين يلعبهما بؤبؤ الشبكية . وبين اخيراً كيف يمكن للبس النظرات ان يصحح انحرافات الرؤية .

وقد توصل كبلر الى استخراج المبادىء التي تسمح بقيام علم البصريات الهندسي دون ان يتوصل الى ايضاح قوانينه بشكل جازم .

والتعبير الصحيح عن قانون الانكسار او الانحراف يبدو انه قد وجد ـ ولكنه لم ينشر ـ من قبل ولبرورد سنل Willebrord Snell (سنيليوس Snellius)، (1580-1626) . وأعلنه اسحاق فوس Isaac Voss (1618 – 1689) لاول مرة، ولكن بشكل تجريبي خالص. « ان الطريق المقطوعة في

نفس الوقت وفي الوسطين هي ذات نسبة ثابتة تعادل نسبة الكوسيكانت في الزاويتين (الكوسيكانت = قاطع التمام ، والسينوس يعني الجيب) » .

ولم يشر ديكارت، في ديوبتريك الذي نشره سنة 1637 كملحق لكتاب خطاب المنهج ، الى عمل فوس Voss ، ووضع نسبة السينوسات مكان نسبة الكوسيكانتات . هذا القانون قد يكون موضوع تبيين مرتكز على مبادىء الميكانيك. في البداية درس ديكارت انعكاس الضوء فوق سطح مسطح وقارن هذه الظاهرة بقفزة طابة مطاطة. وجره تحليل السرعة الى مكونات عامودية وافقية الى استنتاج سليم: ان زوايا السقوط والانعكاس متساوية . واستعملت طريقة مماثلة في انكسار الضوء عبر سطح مسطح : اذا كانت الاوساط شفافة فانها تترك جزيئات الضوء تمر مع تغيير المكون العامودي لسرعتها، وعندها نحصل على قانون السينوسات .

وانتقد فرمات بشكل ذكي طريقة ديكارت. وجاء اعتراضه الاكثر خطورة ناتجاً عن كون التبيين الديكارتي يفترض وجوب الفرضية اللامعقولة والقاضية بان النور ينتشر ببطء في الهواء اكثر منه في الماء او في الاجسام ذات الوزن الاكبر. ورغم ما في هذا الافتراض من مغالطة ظن فرمات اولا انه « من غير المجدي البحث عن افتراض آخر لان الطبيعة نفسها تفسر نفسها بوضوح لصالحه ». ومع ذلك فقد توصل مسترشداً بمبدئه حول الحد الاقصى او الزمن الاقل، الى تبيين قانون السينوسات، مفترضاً ، بالعكس انتشاراً ابطأ في الاوساط الاكثر وزناً . وهكذا ثبّت علم البصريات الهندسية مبادئه التي اكملها اكتشاف الانكسار المزدوج الذي قام به برثولين Bartholin وهويجن كما اكملته الدراسة النيوتونية لظاهرات التشتت او التوزع .

ومن جهة اخرى، وبخلال النصف الثاني من القرن اكتسب علم البصريات الفيزيائية اهمية متزايدة. وامن التقدم التجريبي المعزو الى استكمال الاجهزة ملاحظات أفضل سهلت بدورها التقنيات التجريبية .وأتاحت فرضيات العمل الاكثر تماسكاً اختيار العناصر ذات المعنى من بين جملة الملاحظات الممكنة. وفي سنة 1665 اثبت غريمالدي Grimaldi في كتابه ديلومين ظاهرات زيغان الضوء او انحرافه. وبذات الوقت عملت تجارب نيوتن على الشفرات الرقيقة، وتجارب هوك Hooke وهويجن حول حصول التداخلات على اغناء المعطيات التجريبية بشكل غير متوقع. وأتاح اخيراً تطور الحساب المتناهي الصغر تحديد علم بصريات رياضية حقة حاول ان يفسر مجمل هذه الظاهرات.

وبدا هذا التفسير ملتصقاً بفرضيات ممكنة الطرح حول طبيعة الضوء .

II ـ نظريات حول طبيعة الضوء

الارث النظري الذي جمع بخلال القرن السابع عشر : طبيعة الضوء ونظريات العناصر ـ سنداً للتراث الاقدم يعتبر النور جوهراً تشكل النار عنصره الاول. اما درجة المادية في هذا الجوهر فتبقى متغيرة الى اقصى حد،ودورها مضخم نوعاً ما والنور يمكن ان يكون الجوهر الوحيد المولد

لكل الاشياء، جوهر تشكل تحولاته الالوان وتؤمن وحدة الفيزياء. وهذا ما يمكننا ان نعرفه، بمختلف الاشكال، من نظريات المدرسة الميليزية Milésienne (القرن السادس قبل المسيح) ومن فيزياء هيراقليت الايفيزي Héraclite d'Ephèse .

وبتواضع اكبر قد يشكل جوهر النار او جوهر النور واحداً من اربعة عناصر، وبعد الدمج مع الثلاثة الأخرى تشكل الالوان التي تميز الاشياء. هذه العقيدة التي قد تعود الى انبيدوكل Empédocle انتقلت في التراث الشعبي قبل ان تستخدم كطرح في الفيزياء الارسطية .

تشكل النار في نظر ارسطو النور في حالته النعتية. ولكن نور السماء هو نار مذوبة ومشوهة بالعناصر الاخرى. في الطبيعة لا يمكن ان نعرف النور الا بمظهر الالوان التي هي تشويه للنور.

ومن الناحية العملية تقتصر فيزياء ارسطو ، وبصورة فريدة تصوره للألوان ، على تطوير نظرية المظاهر. والمدرسة الرواقية Stoicienne بعد ان علقت او طعمت هذه التيارات بمفهوم العشق او اللطف خففت ايضاً من فعاليتها. اما التجديد السكولاستيكي، في القرون الوسطى، فقد اخترقته الاختلافات المنبعثة من النظرية الجسيمية التي قال بها ديموقريط او نظريات هيراقليط وافلطون، هذا التجديد المدرسي قدم، حول طبيعة النور جملة من المفاهيم المختلفة والمتناقضة في احيان كثيرة. لقد تراجع النور، وهو نسمة مادية ولكن شبه حية، ونارٌ مرئية متجددة بتأثيرات خرافية، الى الوان، دون بحث في اوالية هذا التقهقر[1]

طبيعة الضوء والنظريات الجسيمية - كان المفهوم حول الطبيعة الجسيمية للضوء موجوداً منذ القديم كقدم نظرية الجوهر الفرد او العناصر، في الهند، وتساعد على ذلك النظريات المادية التي سبقت البراهمانية. لقد شكل اللون صفة اساسية في الذرات .

وكانت النظرية الذرية الاغريقية دائماً جوهرية. وبعد مضي مئة سنة من بداية الفيزياء الميليزية ، علم اناك ساكور Anaxagore ان كل صفة تشكل عناصر اصيلة ودقيقة وغير قابلة للتفكك، وهي الهوميوميريات Homéoméries » .

وانطلاقاً من هذه الذرية في الصفات اتجه تطور نظريات الضوء اتجاهين مختلفين تماماً : إمّا تلغى الاختلافات النوعية التي تظهر فيها بين الاجزاء التي لا تتجزأ (الهوميوميريات) Homéoméries. وتصبح خصائصها الوحيدة الاتساع والحركة. تلك هي ذرية ديموفريط Démocrite.

إمّا تجري محاولة إعادة تجميع هذه العناصر الأولية ضمن بناءات لا يمكن تفكيكها تشكل الأشياء الصغرى . وهذه هي ميزة فيزياء أبيقور Epicure [2]

(1) راجع المجلد 1 ، القسم 3 ، الفصل 8 .

(2) راجع أيضاً المجلد 1 ، القسم 2 ، الكتاب 1 ، الفصل 2 ، والكتاب 2 ، الفصل 2 .

وظهرت نظرية النور عند ديموقريط بمظهر عارٍ تماماً . فهي تدخل جسيميات مدورة غير قابلة للقسمة ، وعارية من كل خصوصية حسية . من جهة اخرى يدخل بين العين والشيء مائع ، هو بالمناسبة الهواء لان ديموقريط Démocrite لم يبحث في ابعد من ذلك . والنور لا يتألف من جوهر خصوصي، ولكنه ينتج عن عمل خصوصي . وهو يتوافق مع ندرة وتخفيف الهواء خفة تحدث وتنقل بافعال ميكانيكية كلها جسيمية .

ويبدو محتوى هذه النظرية غامضاً نوعاً ما مما يفسح في المجال امام العديد من البدائل التي تعزى الى التيارات الفلسفية التي كانت تعتري مؤلف النظرية . من ذلك ان أفلاطون يفترض ان الرؤية تنتج عن لقاء شعاع ينطلق من العين ويحمل جسيمات تصدر عن الاجسام . ووجود شعاع ينطلق من العين كان من الامور المقبولة من العصور القديمة وخاصة من فيثاغور. والنظريات الفيثاغورية وخاصة نظرية اقليدس ادت الى استنتاجات شرعية تماماً في مجال علم البصر الهندسي . وفي نظر افلاطون يتكون هذا الشعاع او النار الابصارية من جزيئات تصغر او تكبر عن الجسيمات التي تصدر عن الاشياء المادية . والاحساسات الضوئية ، والسواد والبياض ومختلف الالوان تنتج عن الابعاد النسبية للجسيمات المنبثقة عن الاشياء ، وعن الجزيئات المكونة للنار البصرية .

وتتجه نظرية ابيقور Epicure ، وقد بسطها فيها بعد لوكراس Lucrèce اتجاهاً مختلفاً تماماً : فسطح الاشياء يبعث بصوره دائمة جسيمات رقيقة وسريعة تجتاز الهواء محافظة على شكلها الجسماني ، المأخوذ عن الاجسام التي افرزتها . انها الامثال او الاشياه او الصور التي تحدث الابصار عندما تلتقي بالعين .

هذه النظرية الابيقورية في الضوء ليست علمية على الاطلاق . فهي بترذيلها للتجربة ، وبقصرها الابصار على الاشياء الصغيرة اكتفت بتزويد الاشياء بامكانية الانتقال السري الخفي دون ان تحاول تحليل المعطيات المباشرة للتجربة .

وفي القرن الحادي عشر ، وبفضل ابن الهيثم Al hazen ، ثم في القرن الثاني عشر والثالث عشر نشأت بتواضع شديد ، نظريات ذات منحى علمي نوعاً ما . هذه المحاولات الاستقلالية ظلت لا اتباع لها ، وقبل عصر النهضة ، استمرت اكثرية النظريات الجسمانية للضوء تتفاعل بحسب مبادىء ارسطو .

وحتى نهاية القرن السادس عشر ظلت نظرية الضوء محكومة بمحاولات مثيرة للاهتمام ، مثل محاولة ديبورتا De Porta ، ولكنها ظلت عاجزة ، عن طرح المسائل بشكل صحيح ، هذه المسائل التي تطرح نفسها ، كما عجزت عن تقديم حل دقيق واضح . وحتى مجيء كبلر بانجازاته ، جرت عدة محاولات ، ووصفت ، ولكنها فسرت تفسيراً سيئاً لانها كانت غير قابلة تقريباً للتفسير .

اراء حول طبيعة الضوء في مطلع القرن السابع عشر - في اواخر القرن 16 طرح موضوع طبيعة الضوء بعبارات تنم ، في معظمها ، عن تصوراتنا الحالية ، وفي غالبية كتب تلك الحقبة ، كان

الفيزيائيون كانما يسألون انفسهم هل الضوء جسم ام انه حركة جسم .

بالنسبة الينا، تبقى هذه الكلمات غامضة ومخيبة للامال قليلاً . واذن فنحن ميالون الى تفسيرها بالمعنى الذي يلائم اهتماماتنا، وبمقدار من الحماس كلما بدت قريبة اكثر من فيزيائنا الحديثة. فاذا كان الضوء جسماً ، اليس هذا هو اساس النظريات الجسمية ؟ واذا كان الضوء حركة جسم اليس في هذا بداية نظريات الاثير ؟ .

الا ان هـذا التنسيب يبقى في معظمـه غير صحيـح . فعنـد استعمـال كلمـة « جسم » ونعت « جسمي » يمكن ان نفهم ان الضوء هو من نفس طبيعة المادة، وانه يختلف عنها بالحجم او الابعاد. ولكن يمكن ان نعتبر ان الضوء هو جوهر ذو طبيعة خاصة بدون صفة مشتركة مع المادة، واذا لم تكن هذه الصفة بالذات حقيقةً جوهرية . ان هذا الرأي يوقع في كثير من الحيرة. ولكن عدم المادية بدا لمدة طويلة تعريفاً سلبياً خالصاً ولكنه فعال بالنسبة الى الاثير. والقول بان الضوء هو حقيقة جوهرية ، غير مادية، يوصل مباشرة الى هذا النوع من النظريات .

ومن جهة اخرى، ما هو القصد من القول بان الضوء حركة جسم ؟ قبل اعمال هـويجن حول الحركات التموجية ، كان يؤخذ بمفاهيم الضغط، والتمدد والتغيرات حول وضع وسط، تغيرات مـا تزال تحتفظ بسمات منبثقـة عن النظريـات الجسمية . واخيـراً كان يستعـان غـالبـاً بحركـات اجمال السوائل ذات الـطبيعة غـير المحسومـة. هذه النـظريات لم تكن تختلف كثيـراً عن النظريـات المسماة « جسمانية » وتدخل بمختلط النظريات الجسيمية .

وهكذا ، لا يمكن للضـوء ان يشكل حركة مستقلة عن الوسط الـذي ينقله، وتربط النـظريات الحركية حتماً هذين العنصرين. وبحسب التركيز المعطى لاحد العنصرين على حساب الآخر، نحصل على نقل سهل لمعنى النظرية . وانه مع الفكرة الواضحة فكرة التموجات بدون نقـل مادة ، وجـدت نظريات الاثير استقلالية حقة، ثم انه، حتى عصر نيوتن، لم تكن النظريات حـول الضوء لا حـركية خالصة ولا جسيمية ضيقة .

النظريات التي سبقت ديكارت ـ بقولهم ان الضوء هو جسم، قصد الفيزيـائيون السـابقون على ديكارت في اغلب الاحيان انه عنصر، انه جوهـر دائم. وهم بهذا يستعيـدون افكاراً قـريبة من المفاهيم الارسطية لكي يجعلوا من الضوء ناراً تظل طبيعتها مبهمة ولكنها ليست جسمية .

فـالـضوء فـي نـظـر انطـونيـو دوميـني Antonio de Dominis مثـلاً (1611) يبـدو عنـصـراً اساسياً، او شيئاً يضاف الى الاجسام ويحدث الوانها. وعندما يكون الضوء نقياً ، فان له مظهر النار، ولكنه قد يفقد لمعانهُ لكي يصبح اللون الابيض . وهو يـولـد كل الالوان الاخرى باختلاطه بالادران المادية .

وكانت تصورات اسحاق فوس Isaac Voss (1648) قريبة رغم ان تداخل الأشعة وتسليطها

يبدوان، في نظره حجّتين كافيتين لصالح الطبيعة المادية للضوء. رغم ذلك فإن طبيعته هي النار ولكن بعكس ما يظن الاقدمون : أرسطو وكذلك المشاؤون ـ ليست هذه النار عنصراً . ان الضوء له حقيقته كالصوت والرائحة : انه حرارة سببها زعزعة الاجسام الصلبة . انه (يقول فوس Voss) الفعل الذي يذيب الاجسام. انه يجتاز الفراغ بشكل آني وغير منظور ويصبح مرئياً من جديد في الجوامد.

وليست نظرية ڤوس نظرية جسمية، في الضوء، بمعنى انها تميز الضوء عن المادة التي تشكل الاجسام التي نعرفها. ولكنها ليست ايضاً نظرية حركية : ان القول بان الضوء هو حرارة لا يعني تشبيهه بالمكان، والقول بانه ناتج عن تزعزع الاجسام الصلبة لا يجعل منه مكاناً للاهتزازات.

في ذات الحقبة توضحت المفاهيم الحركية للضوء . فالضوء ينتج عن حركة بعض الاماكن الجوهرية التي ليست بالضرورة مادية. ان التقدم يقوم، الى حد بعيد على توضيح طبيعة هذه الحركة التي تبقى مختلفة تماماً عن التغير الشامل الذي يعتري مطلق جسيم. وهكذا تجعل نظرية ماركوس مارسي Marcus Marci (تومانتياس Thaumantias ليبر. . براغ 1648) الضوء نتيجة تبلورات وتمددات وسط غير مادي، ليست طبيعته واضحة بشكل آخر.

ولكن غالبية النظريات الحركية تفترض، على الاقل ضمنياً، الطبيعة المادية للوسط، باعتبار ان هذا الوسط لا يختلف عن المادة العادية الا بدرجة رهافته. ويبدو ان تقدماً حاسماً قد حصل في هذا النوع من النظرية، فعلاً ، عند تشبيه الضوء بالصوت، الذي يعزى كما هو معلوم الى ارتجافات الهواء ، ويبدو ان ليونار دافنشي قد استشبه بهذه القرابة التي فسرها غاليليه فعلاً .

فبالنسبة الى غاليليه، تعتبر المفاعيل الفيزيائية وبصورة اخص، كل المفاعيل البصرية ذات اسباب حركية حتماً . فالضوء ، مثل الصوت ، انما مع سرعة انتشار اعظم واعلى، يفترض حركة الوسط او المحيط. ما هو قوام هذه الحركة ؟ هل هي من فعل اصطدامات الجزيئات الجامدة التي تشكل الوسط ؟ ام هي حصيلة ظاهرات تأرجحية ؟ لقد بقي غاليليه غير حاسم بهذا الشأن. كما ان علمه البصري ظل مجزءاً نوعاً ما .

علم البصريات عند ديكارت ـ من المبادىء الاساسية في فلسفة ديكارت افتراضه ان المادة في جوهرها امتداد . وبالمقابل ان مطلق امتداد لا يمكن ان يكون الا مادة. فالكون باكمله هو متغير الى اقصى حد ولكن طبيعته تبقى، في اساسها، هي هي . ويتحقق تداخل هذه المواد المختلفة المرهفة بعضها ببعض بأساليب اعصارية فتحدث كل الظاهرات الفيزيائية .

بين الشمس والعين تمتد مادة لطيفة مؤلفة من كريات صغيرة ذات حجم لا يتغير، تتلامس مثل الحتات المتراكم. وتحاول جسيمات اكثر دقة ودائمةلانقسام بفعل الالتقاء بالاجسام الاخرى، ان تهرب من الشمس ومن كل الاجسام المضيئة.

واذ لا تلتقي اي فراغ، فانها لا تستطيع الا ضغط الجهاز الوسيط. ان قوة « شبه مضطربة » سوف تلقي بثقلها في هذا الوسط. وتتضاعف وتتراخى بشكل هزات صغيرة متنوعة. وبالالتقاء مع الاجسام الصلبة انما المسامية، تنكسر جسيمات الاوساط اللطيفة وتُنقل اذا كانت المسام عريضة نوعاً ما وكثيرة العدد. او تعكس اذا كانت الفتحات (المسام) نادرة وصغيرة.

وبالتالي لا يعتبر الضوء حركة حقة بل اتجاهاً متحركاً او تياراً او ضغطاً . . والنور كحادث من فعل التغيرات الايقاعية في الضغط الحاصل داخل سائل لا يقبل الانضغاط، ينتشر آنياً . يقول ديكارت :

« انه ليس شيئاً اخر غير نوع من الحركة او من الفعل السريع والحاد ينتقل نحو اعيننا بواسطة الهواء او اجسام اخرى شفافة، كما تنتقل الحركة او المقاومة، (مقاومة الاجسام التي يصطدم بها هذا الاعمى) الى يده عبر عصاه».

ان نظرية ديكارت، المملوءة بالاماكن المادية والجسيمية، تعتبر، في اغلب الاحيان، غير متلائمة مع التصورات الاساسية التي يجب ان تلهم نظرية الاثير. وهذا الحكم قاطع ان آمنا بان صفات الاستمرارية والانقطاع هي بالضرورة مرتبطة بالمفاهيم الحركية او الجسيمية للضوء . الواقع، ان الفرق الكبير الحاصل بين الاراء الممكنة في البصريات يأتي من الطريقة التي بها يتم تصور انتشار الظاهرات الضوئية ، اي الدور المعطى للوسط. وبهذا المعنى، تتصل نظرية ديكارت، بالتأكيد، بنظريات الاثير، اثير مادي اكيد الا ان دوره هو دور الوسط او المكان. واذا لم تكن هناك حركة محددة تماماً حول موقع وسط، فانه يوجد منها جوهرها: وهو هذا الضغط « شبه المرتجف » الذي ينقله في الحال وسيط جامد .

لم يكن علم البصريات عند ديكارت Descartes منفصلاً عن التجربة، ولكن التجربة تدخل عندئذ كاثبات ضروري لحقيقة مسبقة. وكان ديكارت مثل غاسندي Gassendi يرى في ظاهرات الانعكاس والانكسار حالة خاصة من صدام الاجسام. فقد بيّن قوانين الانعكاس بواسطة مثل عودة الطابة المطاطية الى القفز. وادت به دراسة مماثلة حول الانكسار الى قانون سينوس.

رأينا ان فرمات رفض فرضية ديكارت وبموجبها: ان الاجسام الاكثر ثقلاً نوعياً تقاوم حركة الضوء أقل من مقاومة الهواء او الاجسام الخفيفة .

وهناك اعتراض آخر، انما مبدئيٌ هذه المرة، على الصفة التصويرية للفيزياء الديكارتية ، فتفسير الانعكاس ، بحكم بنائه على المقارنة، يبدو تحكيمياً كيفياً .

وحذر فرمات من الفرضيات الميكانيكية مستغرب نوعاً ما، في حقبة سابقة تماماً على حقبة نيوتن. ومن الغريب حقاً ان توجه الى نيوتن، بعد نصف قرن من الزمن، انتقادات معاكسة تماماً : فقد وصفت فيزياؤه بانها وصفية او انها مدرسية لانها خلت من الاعاصير.

والواقع ان تهاوي فيزياء ديكارت سببه اسرافه في اليقينيات التكوينية. والتطمين الادعائي في فيزيائه مرتبط باستعمال اسلوب استنتاجي قادر بمفرده، على تفسير الكون تفسيراً كاملاً، وبعد وفاة ديكارت بخمس وعشرين سنة، ادى قياس سرعة الضوء، من قبل رومر (1675) Romer، الى هدم نتيجة اساسية في الطريقة وهي الانتقال باللحظة والآن للظاهرات الضوئية. وفي نفس الحقبة تقريباً، ادى اكتشاف التشتت الى زعزعة اسس علمه البصري بالذات.

النظرية الارتجاجية عند مالبرنش Malebranche : اللون و« الفجاءة » ـ شاهدت نهاية القرن 17 ولادة اكتشافات مهمة في علم البصريات سوف يكون لها انعكاس مباشر على نظريات الضوء.

في سنة 1665اثبت غريمالدي Grimaldi ظاهرات انحراف الضوء. وبذات الحقبة، درس هوك Hooke في انكلترا تلوينات الرقائق الرقيقة. واكتشف الانكسار المزدوج بعد ذلك باربع سنين من قبل ايراسم بارتولين Erasme Bartholin، ثم درسه هويجن. واخيراً، في سنة 1675، بين رومرRomer، وهو يرصد توابع المشتري. ان انتشار الظاهرات الضوئية يتم في زمن متناهٍ وحدد سرعتها.

هذه الحقبة التي تميزت بالنجاحات التجريبية الكبرى، كانت حقبة شباب نيوتن. وفي فرنسا استمرت الديكارتية تحتفظ بكل قوتها. وحاول مالبرنش ان يقارنها بالنظريات الارتجاجية التي اخذت تسيطر وتشتهر بعد اعمال غريمالدي، وهوك وهويجن. كان مالبرنش Malebranche (1638 – 1715) تلميذاً عند ديكارت Descartes. ولكنه كان يختلف عنه كثيراً في بعض نواحي فلسفته. وقد امكن القول أنّه احلَّ فكرة العقلانية الاساسية محل الوضوح اللا أدري الذي هو اساس الديكارتية. من المؤكد ان العقلانية لا تعبر، في نظره، عن حقيقة الاشياء بل عن كيفية تكويننا كتب يقول: « لا شيء كالايمان يقنعنا بوجود الاجسام ».

وفي البصريات اخذ مالبرنش يعتمد النظرية الديكارتية حول الاماكن اللطيفة مع ايضاحها قليلاً. وقد قال بان الضوء يقوم على ضغط انتشاره آني. ولكن هذا الضغط ليس ثابتاً. بل هو عرضة للتغييرات الدورية. واذن ففروقات الضغط، المشبهة للارتجافات هي التي جعلت نظرية ديكارت قريبة من نظرية الارتجافات في الاوساط المادية.

وهناك تقدم آخر فحواه سحب الصفة المادية الخالصة التي احتفظت بها الاماكن اللطيفة الديكارتية. ولكي يفسر مالبرانش تماسك الاجسام، افترض انها خاضعة من الخارج لضغط مادة غير منظورة ومتحركة. وبدون هذا الاثير، يصبح كل جسم مائعاً. والعنصر الثاني عند ديكارت هو ان هذا الاثير الذي يتألف من كرات صغيرة صلبة ومتماسكة، يتألف في الحقيقة من كرات طرية يمكن ان تشكّل بذاتها اعصارات صغيرة. وهكذا اقترب من اثير هويجن الصلب والمرن.

ولكن مهما كانت التحسينات الطارئة على بنية الفضاء وعلى حركاته، تبقى نظرية مالبرنش

امينة ولمدة طويلة، للمبادىء الجوهرية في النظرية الديكارتية. ان الضوء هو احساس محفوز بارتجافات ضاغطة سريعة جداً . وقد تفاقمت الصفة « الارتجافية » في الضغط الديكارتي الى درجة انها اصبحت ارتجاجاً حقاً . في الظلام يضغط الاثير اللطيف على الشبكية انما بانسجام ـ بحيث ان هذا الضغط الثابت لا يحس كانه ضوء .

وحوالي اواخر حياته، تغيرت نظريات مالبرانش بشكل محسوس. وفي 1712 اطلع على « اوبتيك » نيوتن، وكان يجهله حتى ذلك الحين. في هذه الاثناء كانت نظريته حول الالوان قد تكونت. وقد نجح في ربط كل لون نقي. بارتجاج سريع (اي بالوتيرة) معين. ولكن النظرية النيوتنية حول التشتت اجبرته على الاستنتاج بان اللون الابيض يتكون من تراكم سلسلة من الارتجافات، ذات الوتائر المتنوعة، ان جوهر مبادئه الديكارتية لم يتزعزع بشكل ظاهر، وقد حاول ايضاً ان يفسر قوانين الانعكاس والانكسار ببنية اعصارية للاثير.

واذاً فقد نجح مالبرانش في الاحتفاظ بالقسم الاقوى من كل نظرية ، وفي التوفيق بين المبادىء الديكارتية ونتائج التشتت. وانضم في النهاية الى فرضية الانتشار النهائي للضوء . وسوف نعود الى نظريته حول الالوان ، وهي القسم الرئيسي من عمله .

ظاهرات الانكسار ونظريات الاثير المرتجف ـ حاول الاب بارديز P.Pardies وهوك Hooke وهما معاصران لمالبرنش ان يمددا في حياة علم البصريات الذي وضعه غريمالدي فيجعلا منه نظرية حقة في الاثير.

وكانت تصورات غريمالدي ترتكز على وجود ظاهرات الانكسار التي تحقق منها هو بنفسه وادت به تجاربه الى التفكير بان مفهوم الشعاع الضوئي اساس كل البصريات الجيوسترية لم يكن يكفي دائماً . فكتب يقول : « يوجد نوع رابع من امتداد الضوء : هو الامتداد عن طريق الانكسار، وهو نوع مختلف عن الانواع الثلاثة المعروفة حتى ذلك الحين ». (الانتشار المباشر؛ الانعكاس؛ الانكسار) . ويمكن للاجسام الكثيفة ان ترد الضوء جانباً واذاً فان هذا الضوء ينتشر في زمن متناهٍ انما بشكل غير مرئي ولهذا يصعب تحريفه او تحويله عن خطه .

والضوء جسم مختلف عن المادة لا في لطافته فقط بل في تولده. انه يشبه الصوت، وهو يحدث بفعل اضطراب جوهر ما بشكل وتيري ايقاعي. واذا فان بصريات غريمالدي تنحو نحو نظرية الاثير. كتب يقول : « الضوء هو مائع يتحرك بسرعة كلية وبشكل ارتجاجي احياناً عبر الاجسام الشفافة » .

وبعد غريمالدي اصبحت نظريات الاثير اكثر مادية واكثر وضوحاً ، بحيث اقتربت من نظريات ديكارت بهذا المعنى. وإصالتها تقوم على تفسير الحركة التي تحيي الوسط المادي. هذه الحركة التي بقيت عند ديكارت بشكل تيار اصبحت مع مالبرنش وغريمالدي ارتجاجاً حقاً ولكن اسلوب انتشارها بقي مبهماً نوعاً ما .

واعترف هوك Hooke مثل ديكارت بحقيقتين اوليتين: المادة والحركة. وهاتان الحقيقتان لا

تقترنان على اساس جوهر وصفة : فهما في الاساس من نفس الطبيعة ويمكن ان تحل احداهما مكان الاخرى. وهذا التصور المدهش في اصالته في تلك الحقبة لا يمكن ان يكون الا بالون اختبار. رغم انه مال بفيزياء هوك نحو نتيجتين اساسيتين :

اولاً ان الاثير الضوئي غير المادي الذي قال به غريمالدي قد حل محله مائع مادي. وفي المقام الثاني ارتكز التمييز بين المادة والضوء على الفارق بين الارتجافات أو التموجات التي تتميز بها جسيماتها.

وهذه الفكرة مليئة بالوعود تجاه نظرياتنا الحديثة التي يراد لها ان تقول اشياء كثيرة. وقد كان ينقص هوك تعريف سليم للطاقة الحركية (كما حققها فعلاً هويجن) واكثر من ذلك كانت تنقصه فكرة وجود « كم » من العمل Quantum، وطول موجة لتفسير الرابط بين الارتجاف والجزيئات المادية. ولم يدخل هوك اية فكرة تصورية للجسيمات. وفي نظره تعتبر المادة والضوء مجرد مظهرين قد ترتديهما الحركة الارتجافية.

ان الصفة التموجية لانتشار الضوء تتسبب بها زعزعة المكان. هذه الزعزعة تنتشر بواسطة نبضات موحدة، عامودية على اتجاه الانتشار. وهذه الفرضية سوف تصبح على يد فرنل Fresnel أساس النظريات التأرجحية أو التموجية في الضوء.

ويفسر الانعكاس والانكسار والتلون بعدم تساوي توجه الارتجافات في الاجسام الشفافة. وهنا تبدو نظرية هوك ادنى مستوى من تفسيرات هويجن. فضلاً عن ذلك يقول هوك بالانتشار الاني للظاهرات الضوئية، وظل لمدة طويلة يعارض نيوتن بنظرية للألوان خاطئة الاساس.

وترتكز نظريته حول الانكاسر المزدوج على فرضية عدم التناظر في الحركة الارتجافية للضوء. ان الشعاع الضوئي في نظره له وجهان منهما ان الارتجافات تتم بحسب اتجاهين متناقضين. يقابل هذه الثنائية بالارتجافات، تفكك الشعاع بواسطة التبلر وايضاً بوجود لونين اساسيين في تفكك النور الابيض. ويفسر تلون الرقائق بتحليل عقلي هو مزيج غريب من تصورات شبه حديثة ومن افكار عتيقة بالية (صورة رقم 24).

صورة 24 - الانعكاس والانكسار على رقاصة

ان اجتياز الرقاقة يعوق الشعاع المنعكس على الوجه الخلفي ويضعفه بذات الوقت. اما الشعاع الذي يعكسه الوجه الامامي فيبقى اكثر زخماً، وبعد الاندماج الجديد بين هذين الشعاعين، يسير القسم القوى اي الاكثر زخماً في الطليعة. واذا كانت العين لا تلحظ هذا الفارق الزمني، عندئذٍ يشعر الناظر بوجود شعاع وحيد قسمه القوي هو الأول، مما يعطي اللون الأحمر، بحكم التعريف. وإذا كان الفرق محسوساً، لا يلتبس الشعاع الضعيف مع الشعاع الزخيم الذي يسبقه بل مع الشعاع الذي يليه، والمعكوس لاحقاً من قبل الوجه الاول. وعندئذٍ يشعر الناظر بوجود شعاع وحيد يكون الجزء الضعيف

فيه هو الاول وهذا يعطي تعريف او تسمية اللون الازرق. هذه النظرية الفيزيولوجية في التلوين فيها خطأ خطير انها ليست كمياتية . اذ هنا ايضاً سوف تشكل نظرية نيوتن تقدماً كبيراً . والى جانب النواقص الأكيدة ، تقدم نظرية هوك بعض المستجدات التي تجعل من مؤلفها سابقاً بحق . وليست نظريته حول الارتجاجات الاعتراضية أقل فضائله ، رغم أنه لم يشتبه بوجودها ؛ ويمكن الظن أيضاً أن اثير هوك ، الأقل وضوحاً من أثير هويجن ، والمعرف بأنه دعامة الارتجافات ، هذا الأثير يقترب أكثر ربما من المفاهيم الحديثة التي سبقت بصورة مباشرة « النسبية المحصورة » .

ونظرية هويجن لها علاقات عديدة مع نظرية الاب بارديز P.Pardies ومع نظرية هوك، وهذا ما تفسره، ايضاً، الاتصالات الكثيرة بين هذين الفيزيائيين . .

كتب هويجن في مطلع كتابه « الضوء » (1690): « يقوم الضوء على حركة المادة الموجودة بيننا وبين الجسم المضيء ». واوضح فيما بعد ان الضوء يشبه الصوت وينتشر في اثير هو بالضرورة مادي لانه يحرك جواهر اخرى مادية. ولكن هذا الاثير لا يقذف كما تقذف الطابة. انه مركز حركات ارتجافية حقة .

واهتم هويجن بعدها بتحديد بنية الاثير، على مهل وبخفة، فافترضه مركباً من جزيئات صغيرة صلبة وذات تجاوب سريع جداً ، هذه المرونة بالذات سببها وجود وسط ثانٍ محتمل اكثر لطافة، جزيئاته المتحركة بسرعة قوية تجتاز المكان او الوسط الاول فتعطيه هذه الصفة. في هذا الحرج في التفسير الوضعي، يلحظ تأثير ديكارت. انما نلاحظ غياب المسام والقنوات: ان هذه المادة الاثيرية تملأ فراغات المادة العادية التي مظهرها وحده هو المتتالي والمستمر.

تطبق على كل جزيئة من الاثير قوانين القرع او الصدم. فكل نقاط اي موجة قد تكون مقاماً لزعزعة جديدة. وغطاؤها يشكل سطحاً لموجة من شأنها ان تنتشر حتى اللانهاية . .

وبالاستعانة بفرضية التموجات، بيَّن هويجن قوانين الانعكاس، والانكسار والانكسار المزدوج. وانتشر الضوء عموماً ، بموجات كروية، انما بسرعات متنوعة في وسطين مختلفين. وهذه الواقعة تكفي لتحديد شعاع الانتشار وقانون السينوسات بواسطة بناء معروف تماماً. وينتج الانكسار غير العادي الذي يحدث في بعض البلورات عن انتشار بشكل موجات بيضاوية .

وحققت النظرية التموجية ، نظرية هويجن، الاكثر تفصيلاً والاكثر كمياتية من نظرية هوك ، اكرر حققت، من عدة اوجه، تحسيناً واضحاً ، فقد عرف هويجن كيف يتفادى بعض الاغلاط، مثل الانتشار الآني : وبدت تجربة رومر تأكيداً عملياً على الخاصية التموجية :

« إذا اقتضى الضوء وقتاً لمروره ، فينتج عن ذلك أن تكون هده الحركة المفروضة على المادة متتالية وبالنتيجة فإنها تمتد مثل حركة الصوت ، بشكل سطوح وبشكل موجات كروية » .

الا ان فكرة التذبذبات العامودية على اتجاه الانتشار ظلت غريبة على هويجن الذي رأى ان

جزيئات الاثير تتأرجح باتجاه الشعاع. واذا كان هو الاول السباق بالاشارة الى ظاهرة التعميم بواسطة بلورتين متتاليتين من التبلر Spath فانه لم يشرح هذه الظاهرة .

ان مثل هذه التفصيلات هي التي ارادت نظرية الاب آنجو P.Ango توضيحها، مستوحية مفاهيم الاب بارديز P.Pardies . ان منشأ الضوء يقوم على حركة ارتجاجية ذاتية تخصُ طبيعة الاهل او المنبع . والتكثيفات والتمددات، في المنبع، تنتقل فيما بعد بواسطة الجوهر الاثيري، بشكل تموجات تغذيها دفقات المنبع .

انها اضطرابات متتالية تشبه التجعدات؛ وهي تتم بدون نقل مواد. هذا الموجز يدل كم هي هذه الافكار قريبة من افكار هويجن. والاثير، الذي لم يوضح الاب بارديز P.Pardies طبيعته ، يعتبر حتماً كوسط مادي لانه قادر على نقل ارتجاجاته الى الهواء . ورغم الفرضيات الاكثر توضيحاً وتفصيلاً حول طبيعة الاثير، لم يقبل هويجن بمثل هذا الوضوح هذا التبادل للحركات بين وسط لطيف ووسط مادي .

ان اعمال الاب بارديز P.Pardies وهوك Hooke وهويجن Huygens وحتى اعمال مالبرانش Malebranche، هي تقريباً متزامنة لتجارب نيوتن ولأهم نشراته. وتصادمهم الذي كثيراً ما كان عاصفاً مع النظرية النيوتنية، سوف يميز حقبة حاسمة في توجيه علم البصريات .

البصريات النيوتنية وتشتت الضوء ـ لا ينفصل علم البصريات عند نيوتن عن تجاربه حول التشتت. « ان قصدي من هذا الكتاب (صرح بذلك في مطلع « كتاب الاوبتيك »)ليس تفسير خصائص الضوء بالنظريات بل عرضها فجة لكي اثبتها فيما بعد بالتحليل العقلي وبالتجارب » (كتاب اوبتيكا ترجمة كوست Coste، ط2، فرنسية، 1722، ص1).

لا شك ان الموقف الذي اعتمده نيوتن لا ينتج في قسم منه عن تيارات في عصره. كان نيوتن يجتهد دائماً، مبدئياً على الاقل، ان يضع بصرياته بمنأى عن التصور الكيفي او غير الكامل. ولكنه، وبمثابرة دائمة تقريباً ، كان يعود الى مناقشة فرضيات من هذا النوع .

لقد كانت ظاهرة التشتت معروفة قبل نيوتن ، ولكنها كانت تفسر كتغيير عرضي حاصل بفعل ضمة مضيئة . كان الظن سائداً ، ان الزجاج ، ببريقه ، يمكن ان يشيع تلويناً في الشعاع. وقد كان لنيوتن الفضل في طرح المسألة بشكل محدد تماماً : في كل درجة من درجات الانكسارية هناك شعاع ملائم ذو لون مختلف. وبالمقابل، ان الشعاع من لون « صاف » ـ يحتفظ بلونه بعد اجتيازه الموشور. تلك هي الوقائع . وكل شيء يحصل كما لو لم تكن الالوان مكتسبة عبر العملية بل موجودة في ضمة الضوء الابيض. وتكون مهمة الموشور ابرازها .

ما هو الضوء اذن ؟ في مداخلة بتاريخ 8 شباط 1672 امام « الجمعية الملكية » اعتبره نيوتن كحقيقة جوهرية وأعطاه بنية جسيمية. وهذه المزاعم ترتكز على اسباب مأخوذة من نظريته حول الالوان، ولكن قوتها الاقناعية ذات منشأ مدهش نوعاً ما .

يفترض نيوتن : لما كانت الالوان صفات ضوئية فمن الواجب ان يكون الضوء جوهراً لا عرضاً (صفة) . اذ لا يمكن تصور صفة لصفة (عرض لعرض)، ان اللون يقترن بالجوهر الضوء مثل ما ترتبط الصفات الميكانيكية بالمادة. ومن جهة اخرى ان الصفة (العرض) هي دائماً بسيطة، فلا يمكن ان تنبثق عنها صفة اخرى بالتركيب.

وبعد تجميع الصفات المختلفة المتواجدة بدون ان يحطم بعضها بعضاً ، فان الضوء يبدو لنا كحقيقة جوهرية. فالى اي حد يختلف الضوء عن المادة ؟ هنا يبدو نيوتن اقل وضوحاً .

يقول : « نحن متأكدون ان الضوء هو جوهر » ولكن « من الصعب تحديد ماهية هذا الجوهر، بيقين » ثم يضيف : « لا اريد أن اخلط ما هو اكيد بما هو غير اكيد. »

وجلبت له (لنيوتن) مداخلته في سنة 1672 سلسلة من الانتقادات اشهرها انتقادات هوك وهويجن، التي سوف نعود اليها. وتأذى نيوتن فامتنع وتحفظ تحفظاً شديداً حول طبيعة الضوء .

كتب يقول :« ان المحت الى ان الضوء هو جسم، فاني لا اؤكده متيقناً . » ثم تابع : « اعرف تماماً ان خصائص الضوء يمكن ان تفهم لا عن طريق الفرضية التي تعزى الي، فقط، بل عن طرق شتى اخرى كثيرة. ولهذا فقد قررت تفاديها كلها ».

التداخل ونظرية الوصول - من جهة اخرى، كانت ظاهرات تلوين الرقائق معروفة يومئذ. وقد درس نيوتن صفات الحلقات الشهيرة التي تحمل اسمه بعد ان اجرى اولاً تجارب بواسطة موشورين غير موصولين تماماً، وضع فيها بعد عدسة « مسطحة محدودبة » على «صفيحة زجاج. وهكذا حصر شريحة هواء سماكتها، المتنوعة، تتزايد حول الاطراف: وكل حلقة تداخلية تحدث بواسطة الاشعة التي تجتاز نفس السماكة من الهواء .

كيف يمكن للنظرية الجسيمية عند نيوتن ان تنجح في تفسير ظاهرة تبدو لنا الآن، مرتبطة بصورة اساسية بالخصائص التموجية للضوء ؟ بادخال الدورية، دورية من نمط آخر عند اجتياز الجسيم. ان هذاالجسيم، طيلة مساره، يمتلك على التوالي « مرابض » سهلة النقل « ومرابض » سهلة الانعكاس. وهذه القدرات تحدث بصورة دورية، وطول « القدرة » دائماً ثابت بالنسبة الى لون محدد.

« والسبب الذي يجعل سطوح الاجسام الشفافة السميكة، تعكس قسماً من الضوء الذي يسقط على هذه الاجسام ويترك غيرها هو ان بعض الاشعة تتواجد في « مرابض » سهلة الانعكاس في حين ان الاخريات ذات مرابض سهلة النقل » .

ويتدخل تفسير مماثل من اجل تلوين الشفرات الرقيقة. نفترض ان المسافة بين الشفرتين هي بحيث ان المربض نفسه يحدث عند خروجه من الشفرة الاولى ومن الشفرة الثانية. كل شعاع تنقله الشفرة الاولى (اي ضمن مربض سهل النقل) سوف يكون كذلك ايضاً بفعل الثانية. ان اياً من هذه الاشعة لا يصل الى العين التي ترى فوق هذه الشفرة، منطقة مظلمة. وبالعكس اذا كانت المسافة بين

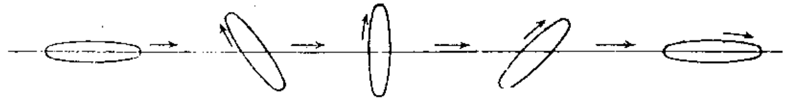
الشفرتين بحيث يتغير المربض، فان كل شعاع منقول من قبل الشفرة الاولى سوف ينعكس بالثانية ويصل الى العين. فترى هذه بقعة لامعة ترتسم. وتتعاقب اذن مناطق مضيئة ومناطق مظلمة بصورة دورية. وهكذا تدخل نظرية المرابض تناوباً في الحالات لا في الحركات.

وتبت احداث الحلقات، بفعل شفرة الهواء ذات السماكة المتغيرة المحصورة بين شفرتين كاسرتين، بفضل استعمال الزاوية الهوائية المتكونه بين قسم من الكرة والسطح الذي هو ركيزتها معدات تسمى « حلقات نيوتن ». وبين نيوتن ان أشعة الحلقات المتتالية، تتزايد مثل الجذر التربيعي لرقم ترتيبها. فالحلقة n يكون شعاعها ($r_n=K \sqrt{n}$). وان وضع موشور بين هذه المعدات والناظر، يلاحظ التفكك الى نظام من الحلقات الوحيدة التلوين Monochromatique، انظمة مفصول بعضها عن بعض.

يقول: « وبين كل المقترحات المعروضة اعلاه لا يوجد اي مقترح تحوطه ظروف كثيرة الغرابة » (كتاب اوبتيكا، ترجمة كوست Coste ط2 فرنسية ص 273).

ما هي اسباب هذه الدورية ؟ ـ لان نيوتن لا يستطيع ان يخفي تحت اسم « مربض » ارادة داخلية او قدرة سرية للتوصّل إلى أشياء أخرى أيضاً.

ان المرابض قد تتكون بعدم تناظر في الشكل او في صفات الجسيمات المضيئة. وهذا قد يكون نوعاً من المغنطة او حتى تناظراً بالنسبة الى المحور. ونرى ان حركة جسيم اسطواني (ellipsoidal) (مثلاً بشكل سيكار) مزود بآنٍ واحدٍ بحركات دوران ونقل يمكن ان يحدث تناوبات على طول المسار (صورة 25):



(صورة 25) ـ تفسير ممكن لنظرية المرابض لنيوتن.

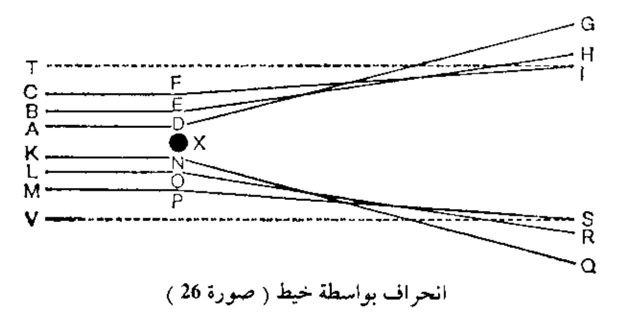
يمكن الظن ايضاً ان الجسيمات المضيئة تحدث تفاعلات متبادلة فيما بينها. هذه القوى التي قد تكون تجاذباً تحدث ارتجافات او ذبذبات من شأنها ان تستبق الجسيمات او تزيد او تنقص من سرعتها. وبافتراض هذا التأويل الثاني، ندخل اثيراً يلعب دوراً حتماً ثانوياً بالنسبة الى دور الجسيمات المضيئة، ولكنه دور محتوم في كل حال.

ومهما كانت نظرية المرابض ذكية بارعة فانها لا تنجح في قهر البرهان التجريبي. وهي اذا طبقت على تلوين الشفرات الرقيقة فانها لا تدخل في الشفرة الثانية الا سلوك الاشعة التي نجحت في اجتياز الشفرة الاولى. ولكنه من الممكن فعلاً الغاء الانعكاسات على الشفرة الاولى باستعمال الضوء المستقطَب. وسنداً لنظرية المرابض، لا شيء يجب ان يتغير. والواقع ان الحلقات تزول. واذاً يجب تفسير تكوين الحلقات بضم الاشعة المعكوسة من قبل هذه الشفرة او تلك. وهذا ما تفسره نظرية التداخل Interférences.

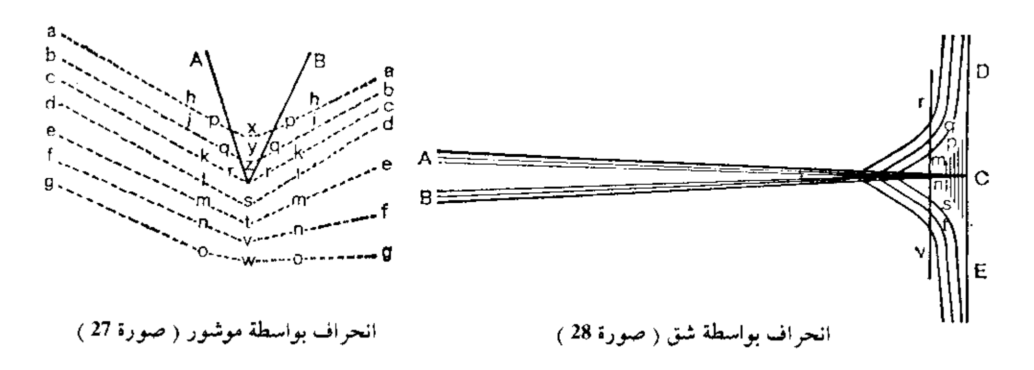
الانكسار أو الالتواء ـ كرر نيوتـون تجربـات غريمـالدي Grimaldi حـول ظاهـرات الانكسار أو الانحراف واضعاً بين مصدر الضوء والشاشـة حواجـز مفككة . فـلاحظ أيضاً ظـاهرات محـدثة بفعـل وجود شق رفيع ذي عرض يمكن التحكم به .

ومع ذلك ورغم هذه النتائج الاكيدة لم يعترف نيـوتـن بظاهرات الانكسار . هذا النموذج الرابع من الانتشار المتميز عن الانعكاس وعن الانحراف وكذلك عن الانتشار المستقيم . وفي نظر نيوتن يتعلق الامر بالتواء الضوء ، الذي يتميز بفعل انعكاس انكسارٍ او ارتداد او بفعل انجذاب .

وان نحن وضعنا خيطاً رفيعاً في مسار ضمة ضوئية فان الاشعة تنعكس على الجوار جوار الحاجز، معطية توزيعاً للضوء في منطقة الظل الهندسي (صورة 26) . وبجوار حد الموشور تنحرف الاشعة ايضاً نحو قاعدة الموشور (صورة 27) . واخيراً عند اجتياز الشق الضيق يعمل الجذب غير المتساوي الذي يصيب الاشعة من قبل طرفي الشق على ليها نحو منطقة الظل الجيومتري (صورة 28) .



انحراف بواسطة خيط (صورة 26)



انحراف بواسطة موشور (صورة 27)

انحراف بواسطة شق (صورة 28)

الانكسـار المزدوج ـ كـان نيوتن عـلى علم جيد بتجـارب بارتـولـين Bartholine وهـويجن Huygens حول انحراف الضوء بواسـطة بلورة اسلندا Islande . واذا كـان الانعكاس والانحـراف

ياتيان عن ترتيبات معينة في نقطة الانعكاس، فان الانحراف المزدوج يدل على تزايد في هذه التركيبات الممكنة. ويمكن تخيل ان الجسيمات الضوئية تشبه مغناطيسات صغيرة في مواجهة لا تناظرية البلور.

النظرية الجسيمية ووجود الأثير ـ تبدو مبادىء نيوتن الأولى وكأنها حتماً جسيمية. وحتى سنة 1671 لم تظهر كلمة أثير في كتاباته. ولكن الجدل الذي قام به مع هوك وجه فكره نحو فرضية الأثير وحوله بذات الوقت عن اعتمادها بدون تحفظات.

وتحت تأثير أفكار نيوتن اضطر هوك إلى تغيير نظريته حول الذبذبات الأثيرية. وبقبوله بالعلاقة بين اللون والانكسار، ورفض تكوين الضوء بواسطة اندماج لونين اساسيين، لم يعد يستطيع اعطاء الشعاع الضوئي جانبين او جهتين. واذاً لا بد من افتراض تغير في بنية الشعاع الداخلية، من اجل تفسير تعددية الالوان وهكذا اضطر هوك Hooke الى ربط تلون الشعاع بضخامة ذبذبات الاثير.

وفي نفس هذه السنة 1675 ـ نشر نيوتن نظريته حول الضوء بالالوان. وفرح بتنازلات هوك Hooke أمام افكاره هو. ثم طور نظرية الموجات الاثيرية التي تنم عن تنازلات من جهته.

من حيث المبدأ لم تكن هذه النظرية موجهة الا للعب دور الصور داخل نص غامض. ورغم ذلك فقد ظلت ذات دلالة: إن الضوء هو دائماً انبثاق صادر عن أجسام ملتهبة. ولكن هذه الجسيمات لها القدرة على رجرجة الاثير واحداث ذبذبات دورية تنتشر في هذا الوسط.

ان انقلاب نيوتن الجزئي ورجوعه الى نظريات الاثير تعزى الى ثلاثة اسباب رئيسية:

في المقام الاول بدت نظرية المداخل تتطلب الانتقال من فعل ينعكس على حركة الجزئيات الضوئية، ويمكن ان تغيرها. وهذا الانتقال يحتاج إلى وجود أثير.

ومن جهة اخرى تبدو ظاهرات الانكسار ذات اثر على الشاشة، من بعيد. ويذكر هذا الفعل القادر على التأثير في مسار الاشعة الضوئية، بأعمال صورية ولا يمكن ان ينتشر بدون وجود وسط.

واخيراً كان نيوتن مقتنعاً بأهمية فكرة الاثير في الميكانيك السماوي. ولهذا لم تكن امكانية العثور على ارض مشتركة بين البصريات والجذب الكوني غريبة على تطوره.

يتساءل نيوتن في كتابه «**مسائل** ابصارية» إذا لم يكن هناك مماثلة بين المادة والاثير، كما يتساءل هل من الممكن تصور امكانية تحولات متناظرة. ومهما يكن من امر لا يمكن للاثير ان تكون له خصائص الوسط الذي يقول به ديكارت. فالمائع الجسدي حتى ولو كان لطيفاً، يترك مجالاً لوجود مقاربات عنيفة. وبحوث نيوتن حول المقاومة في المعادن حملته على الظن بأن الفضاء السماوي يجب ان يكون فارغاً من كل مائع جسدي.

وعلى كل حال يتميز هذا الاثير غير الجسدي بخصائص مربوطة بشكل ضيق بالمادة المقرون بها.

وهذه الخصائص تختلف بحسب ما اذا كان هذا الاثير حراً او داخلاً في أجسام، وربما ايضاً بحسب الاجسام التي تحويه. ولهذا فان القدرة الانكسارية تختلف باختلاف الزخم وباختلاف طبيعة الاجسام.

وعلى الرغم من ان الفضاءات السماوية فارغة من اي سائل جسدي فقد اضاف نيوتن بأن هناك استثناء يجب أن يلعب دوراً لصالح الأبخرة الخفيفة جداً ولصالح الأشعة الضوئية. ورغم أن هذه الجملة تبدو استهلالية فهي تدل بما فيه الكفاية على مدى تطور افكار نيوتن بعد 1671.

إلا أن هذا التغير لم يحمله ابداً على تجاوز نظرية مختلطة تجمع الى الجسيمات اثيراً متذبذباً تعمل فيه هذه الجسيمات. وليس سبب ذلك ان فكرة الاثير ظلت عنده تصوراً سطحياً كما المح الى ذلك البعض احياناً، بل انه اي هذا المفهوم بدا له دائماً غير كافٍ بمفرده لدعم البصريات في مجملها.

والواقع ان الانتقادات التي وجهها نيوتن الى النظريات الذبذباتية تبدو ضعيفة نوعاً ما:

فالنظرية الذبذباتية الخالصة تبدو له غير متلائمة تماماً مع مبدأ المداخل او المرابض. ويكون من الضروري القول بوجود اثيرين ارتجاجيين. وتنتشر الذبذبات من احدهما بسرعة اكثر وتنجح في تغير حركة الآخر. ولكن لم يكن هذا المظهر السلبي الذي ادخله هذا التعضيد هو الذي حمل نيوتن على استبعاد النظريات الذبذباتية الخالصة. ويحتفظ تعلقه بنظريات الارسال، بالكثير من العفوية اما تحفظه فيمكن ان يرد ايضاً الى عدة اسباب:

بالدرجة الاولى تفسر هذه النظرية بشكل طبيعي جداً. انتشار الضوء بخط مستقيم. وفي هذه الحقبة بالذات تصور هوك Hooke وجود أشعة عامودية في مواجهة الموجة الكروية. ولكن هذه الحالة هي حالة نظرية خالصة وقد لاحظ نيوتن ان الاضطراب في النمط الهيدروديناميكي ينتشر بصورة استثنائية بخط مستقيم. ان الضوء ينفرط فجأة: ويستنتج: «إن النور وهو ينتشر بخط مستقيم لا يمكن ان يقتصر على فعل الوسط فقط» وهويجن اوشك ان ينجح في تفسير الانتشار المستقيم. وكان ينقصه ان يطرح بوضوح مبدأ تخريب الموجات بفعل تداخلاتها وهذا المبدأ سوف يتيح ليونغ Young وفرنل Fresnel أن يوفقا نهائياً بين الانتشار المستقيم والنظرية التأرجحية.

ومن جهة اخرى، حملت التجارب الميكانيكية، نيوتن نحو الفرضيات الذرية. اذا كان الضوء مؤلفاً من جسيمات مادية فان قوانين الديناميك، وخاصة قانون الجمود، تطبق مباشرة وتؤدي الى تفسير بسيط للخصائص الاكثر تأكيداً في الضوء.

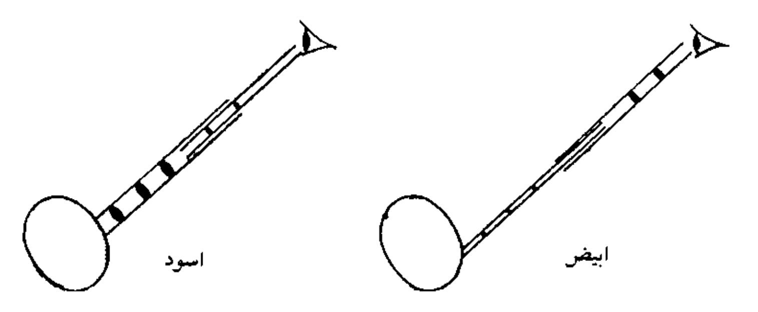
واخيراً ان الاسباب السيكولوجية التي لا تهمل، حملت نيوتن على التضامن بصورة رسمية مع النظريات الجسيمية: وبدا هوك Hooke الممثل الاكثر اهلية، الرسمي، لنظرية الاثير. ودوغماتيه هوك. وطموحه الى احتكار ابوة نظرية للذبذبات، كل ذلك حمل نيوتن على الاحتفاظ بعنصر مادي لم يكن هوك يرى ضرورة له.

وحده فقط التطور الفلسفي لفكره سمح بالظن، تخميناً بان نيوتن يفضل نظرية مختلطة. لا شك

ان اسباباً تكتيكية، واسباب حذر، قد تكون قد دفعته على سلوك سياسة مهادنة آنية، او ربما تمنع. ولكن هذه السياسة ربما كان دافعها القناعة العميقة بان اختيار الفرضيات، المفيد احياناً، هو في اغلب الاحيان، لا يؤبه له. ان جوهر كل ظاهرة هو اسلوب انتشارها. قال بهذا الشأن « لا يمكننا ان نعرف هل النور هو قذف لاجسام صغيرة جداً ام انه ليس الا حركة مجردة، او نوعاً من القوة التي تنتشر». ولهذا كان ل. بلوش L.Bloch على حق، والى حد بعيد جداً، حين زعم ان نظرية نيوتن يجب ان تكون مختلطة لانها تريد ان تبقى ايجابية.

III - نظريات الألوان

نظريات الالوان في اواخر القرن 16 - ترتبط الاجسام بالمظهر المحسوس للضوء. ولهذا كانت مطلق نظرية حول الضوء، دائماً، والى حد ما، نظرية حول الالوان، ولكن التلوينات تبدو ايضاً وكأنها تساهم في شكل تكوين الاشياء المادية. ولهذا فقد اعتبرت الالوان عموماً كظاهرة اقل نقاء، واقل بساطة من الضوء.



(صورة 29) - تكون الاسود والابيض بحسب نظرية افلاطون.

شرح افلاطون تشكل اللون الاسود والابيض والالوان المختلفة في الظروف المختلفة التي تسود التقاء تيارين : النار البصرية الظاهرة من العين والجسيمات الصادرة عن الاشياء. فاذا كانت الجزيئات الصادرة عن الاشياء كبيرة نوعاً ما، تتوصل النار البصرية الى تقسيمها، وعندئذٍ يحصل الاحساس بالاسود. وبالعكس اذا كانت النار البصرية محطمة بالجزيئات الصغيرة جداً، نحس بالابيض. وهذه الظاهرة اذا تتابعت حتى تصل الى مستوى العين فانها تولد الشررارةاو اللمعة. ولكن هذا التفاعل اللماع قد يخف حين يتصل برطوبة العين وعندها يحدث الشعور بالاحمر. اما المذهب والرمادي والاخضر. . . فيحصل بخلائط متنوعة بين هذه المفاعيل الاولية. ويستطرد افلاطون : « بالنسبة الى الالوان الاخرى نرى الى اي أمزجة يجب تشبيهها حتى نحافظ على صحة اقوالنا. ولكن محاولة وضعها موضع رقابة التجربة، تعني تجاهل الفوارق بين ما هو بشري وما هو إلهي في الطبيعة، لان الله لكي يجمع الكثرة في الوحدة يمتلك المعرفة والقدرة. في حين انه لا يوجد بين البشر من يستطيع هذه العملية لا الان ولا في المستقبل ». (تيميTimée).

« وبالنسبة الى نظرية ديموقريط، نشير الى الاهمية المعطاة للنار البشرية التي تتيح التأكيد بأن كل لون ليس، لا ما هو مقذوف ولا ما هو قاذف بل ما هو حاصل في الفترة بين الاول والثاني، وهذا ما يحصل لكل انسان بمفرده » (تيتيت) Théétète .

وبوجه مختلف نوعاً ما وضع ارسطو تفسيراً للالوان . انها خلائط او مزائج بنسب مختلفة من النور والظلام . فالنور الزخم والظل اذا تعاقبا يحدثان الألوان الحمراء . وأخيراً ان الظل الكثيف والضوء الخفيف ينتجان البنفسجي . وهذان اللونان اساسيان . وانطلاقاً منهما نحصل على كل الالوان الاخرى اما بالمزيج واما بالتفريق او المقارنة .

ولم يحدث اي تغيير اساسي حتى عصر النهضه ، على هذه النظرية . رغم ان ظاهرة تشتت الالوان بواسطة الموشور معروفة منذ القديم . حتى ان سينيق Sénèque قد شبهها بحدوث الالوان الظاهرة في قوس قزح . ولكن في القرون الوسطى بدا تفكيك الالوان بواسطة الموشور تأييداً مرضياً لافكار ارسطو : فالضوء المنحرف فوق زاوية الموشور يجتاز سماكة من الزجاج اقل ضخامة من الضوء المنحرف لجهة قاعدة الموشور. واذاً يوجد ظل اكثر ونور اقل من ناحية القاعدة ، وهذا يتوافق مع تعريف اللون البنفسجي . ظل اقل وضوء اكثر من ناحية قمة الموشور يحدث اللون الاحمر بحسب تصورات ارسطو .

الاراء السابقة على ديكارت حول طبيعة الالوان ـ جرت محاولة دحض نظرية ارسطو حول الالوان سنة 1617، من قبل اليسوعي غاليتوماريسكوتي Galetto Mariscoti . فقد بين ان ليس اجتياز الموشور هو الذي يحدث التلوين بل الانحراف الذي يصيب الاشعة . واذا كانت الاشعة تجتاز الموشور بصورة طبيعية فلا يلحظ اي تلوين . ومن جهة اخرى ليس الشعاع الاكثر نقاءاً ، وهو الاصفر، الشعاع الاقرب الى ذروة الموشور كما تدل على ذلك النظرية الارسطية ، بل الشعاع الوسط : واذا فهو يجتاز كمية من الزجاج اكبر من الكمية التي يجتازها الاحمر، فيحصل من ذلك انه يكتسب ظلمة اكبر، وهذا ما يدحض نظرية ارسطو .

وبالرغم من هذه الاعتراضات ، حاول بارو Barrow في سنة 1674 ان يكمل افكار ارسطو . فالاسود يحدث بامتصاص كامل للضوء . اما الالوان وهي مزيج من الظل والضوء فتقوم على انها انعكاسات متعددة تفصل بينها الامتصاصات . وكلما زادت هذه الامتصاصات كلما تحرك اللون نحو البنفسجي .

النظريات الديكارتية . الوان وذبذبات ـ في هذه الفترة اخذت النظريات الخلوية والحركية التي جاء بها ديكارت تحل محل مبادىء الفيزياء المدرسية . وساد الاعتقاد بان الضوء ينتقل كالضغط الواقع على جسيمات في وسط لطيف وسيط . وفي مسام الاجسام الارضية تدور هذه الجسيمات وتغزل . وسرعة دورانها تعادل تقريباً سرعة تنقلها بخط مستقيم . ولكن فوق سطح الاجسام اي عند حدود الفصل بين الظلام والضوء تحرم الخلايا اللطيفة من جاراتها . فتتلقى اذاً ضغطاً وحيد الطرف، وبحسب اتجاه دورانها تصبح سرعةالغزل أكبر وأصغر من الانتقال ويكون التلوين مظهراً يحدثه فرق

السرعة. وينتقل التلوين من الاحمر الى الاصفر الى القرمزي. ان الالوان ليست شيئاً آخر في الاجسام الملونة، غير الاشكال المختلفة التي تنقل بها هذه الاجسام الحركة الى اعيننا.

وكانت النظريات الديكارتية، العارية من كل اساس تجريبي كمي متهافتة، ويزداد تهافتها كلما كانت تفصيلاتها اكبر واعمق. ولم يخف بويل Boyle حذره من هذا النوع من التفسير. واقترح الاب بارديز P.Pardies نظرية قد تبدو تسوية بين مبادىء ارسطو والاراء الديكارتية الجديدة. فهو مثل ارسطو ومثل بارو Barrow يقول بلونين اساسيين: الابيض وينتج عن الانعكاسات فوق الاجزاء المدورة من الاجسام، والاسود ويحدث بفعل الامتصاصات في الاجسام الجوفاء. اما الالوان الاخرى فهي مزائج. وهذه المزائج تتكون بعد خضات متتالية في الجوهر الاثيري. وتوصل هذه التموجات (واليوم نقول تنشر) حركة جانبية نماذجها تفسر فروقات الالوان. وذلك هو حال التقذح الحاصل على يد غريمالدي Grimaldi اثناء تجاربه على الانحراف.

وقد وجدت هذه الافكار الغامضة نوعاً ما تعبيراً صحيحاً عنها في نظرية مالبرنش Malebranche، وهي اول نظرية حديثة في الالوان.

نشرت هذه النظرية سنة 1699 فجاءت تالية للمبادىء الواردة في كتابات نيوتن حول ذات الموضوع. ومع ذلك فقد كان مالبرنش يجهل في تلك الحقبة نظرية نيوتن. فبدا عمل مالبرنش اصيلاً تماماً.

وقد اقترح مالبرنش، معتمداً على الشبه بين الضوء والصوت، اقترح تفسيراً ذكياً لتنوع الالوان.

في الصوتيات تتوافق الذبذبات الواسعة الى حدٍ ما مع الاصوات المختلفة القوة. ومن جهة اخرى هناك ذبذبات متلاصقة الى حدٍ ما تتطابق مع اصوات ذات غُنَّات متنوعة. ولكن ضخامة الذبذبات الضوئية، لا تستطيع ان تؤثر في التلوين، كما هو الحال في الاصوات. ولكن هذه الضخامة تغير فقط في زخم الظاهرة. وللحصول على الالوان المختلفة اي على الاضواء ذات الطبيعة المتنوعة يجب الانطلاق من الذبذبات ذات السرعات المتنوعة وليس من الضخامة. وبقدر ما تتناقص السرعة، ننتقل من الابيض الى الاصفر ثم الى الازرق. والفرق عن الصوت يتأتى من ان الصوت سببه ذبذبات الهواء في حين ان الالوان تتأتى من ذبذبات في اثير لطيف.

« والامر بالنسبة الى الضوء والالوان المختلفة كما هو بالنسبة الى الصوت ومختلف النغم. وضخامة الصوت تتأتى من قوة ذبذبات الهواء العادي، وتنوع النغم يأتي من سرعة هذه الذبذبات بالذات. وقوة الألوان وبهاؤها يأتيان إذاً، وأيضاً من قوة الذبذبات، لا في الهواء، بل في المادة اللطيفة واختلاف انواع الالوان من سرعة هذه الذبذبات بالذات ». وتجعل النظرية الاولى، نظرية مالبرنش من الابيض لوناً كبقية الالوان. وفي سنة 1712 عندما اطلع مالبرنش على اعمال نيوتن غير نظريته. فاصبح لكل لون سرعة خاصة في الذبذبات. والبياض هو تراكم في هذه السرعات المختلفة. وهكذا اصبح الاتفاق مع أفكار نيوتن محققاً تماماً. وعلى كل حمل تشبيه الضوء بالصوت، تشبيهاً ادى

بمالبرنش الى تفسيرات ذكية جداً ، حمله على القول بوجود سبعة الوان اساسية . ان الذبذبات هي ارقام قابلة للقياس كما هو الحال في اهم الفرجات الموسيقية . وهذا التصور هو الذي اعتمده نيوتن اولاً . ومهما يكن من امر فالشعاع ذو الذبذبات الاسرع ، اي البنفسجي يجب ان يكون الاكثر تحولاً في الموشور ، وهذا ما ايدته نظرية التشتت .

وبعد موت مالبرنش نسيت نظريته حول الالوان تقريباً . وقد عاد اولر Euler الى فرضية الترابط بين اللون ووتيرة الاشعاع ، دون ان يأتي على ذكر مالبرنش . وبذات الوقت ظهرت نظرية هوك Hooke الذبذباتية وكأنها قد تأثرت في التموجات الكبرى في موضوع نشأة الالوان . ففي نظر هوك تنشأ الالوان عن التفاوت في توجه الذبذبات الضوئية عبر الاجسام الشفافة . ولكن ظاهرة الانكسار المزدوج تكشف على عدم تناظر في الحركة الذبذباتية للضوء . ووجود شعاع عادي وشعاع غير عادي بصورة آنية ومتتالية حمله على القول بوجود شعاع ضوئي مزود بوجهين متناظرين اي بوجود ذبذبات متعارضة ومستقلة . ولا يوجد اذاً الا لونان اساسيان مستقلان ، سنداً لهوك ، وهما الاحمر والازرق .

يقول هويجن ايضاً ، ولاسباب مماثلة ، بوجود لونين متتاليين يفترضهما الاصفر والاخضر .

ومع ذلك ، وبعد اشغال نيوتن ، قبل هوك اخيراً بتعدد لا متناهٍ في تنوع الالوان كما قال بترابطها بانكسار معين . كما نادى ، وهو الامين على نظرية ذبذباتية خالصة ، بان تتابع اللون الاحمر بعد الازرق مرهون بتوزيع القوة ، اي زخم الذبذبات على طول الشعاع . واذا كان القسم الاقوى ـ وهو المرتبط عند هوك بزخم الذبذبة ـ هو الاول ، يحصل الاحمر . وان انتقلت القوة الى الصف الثاني حصل الازرق . والفرق بين ضخامات الذبذبات قد يكون ظاهرياً خالصاً . وهو قد ينتج مثلاً عن الانفصال الخفي بين ذبذبتين مختلفتين واحدة قوية وواحدة ضعيفة . ذلك هو اصل تلوين الشفرات الرقيقة ، كما رأينا .

وباستثناء مالبرنش ، عالج جميع الفيزيائيين ، حتى مجيء نيوتن ، الالوان وكأنها اختلالات جوهرية او حركية اصابت ضوءاً يفترض انه نقي خالص . ويقوم تفسير التشتت على التفتيش عن كيفية تغيير الموشور لتركيب الضوء وحركته عندما يجتازه . وقد بنيت في هذا السبيل نظريات معقدة جداً . فقد ميز ماريوت Mariotte مثلاً بين ثمانية مبادىء تسود توزيع الالوان في حزمة منحرفة . والتجديد في البصريات النيوتونية يقوم على الغاء مسألة الضوء النقي واستبداله بمسألة الالوان .

انتاج نيوتن . الالوان النقية وتعقيدات الضوء الابيض ـ اكد نيوتن ، بعد اعماله حول التشتت ان النور الابيض يتألف من عدد من الالوان النقية التي يمتلك كل منها انعكاسية خاصة . « كل ضوء منسجم له لونه الخاص الذي يتوافق مع درجات انكساره . وهذا اللون لا يمكن ان يتغير لا بالانعكاس ولا بالانحراف » . (كتاب اوبتيك ترجمة فرنسية ، كوست Coste 1720, ص 136) .

هذه الالوان المفترضة 7 بدت فيما بعد لا حصر لها . وبعدها اصبح نيوتن يواجه عدداً من المسائل المضللة : هل توجد الالوان في الظلام ؟ هل هي صفات للاشياء المضاءة ؟ وبدون تردد اكد نيوتن ان الالوان تعود الى الضوء لا الى الاجسام . وبالطبع ان الاشعة الضوئية ليست بذاتها ملونة ولكنها تمتلك

قدرة او استعداداً لخلق احساس بهذا اللون او ذاك .

يقول بهذا المعنى : «ان الأشعة التي تظهر الاشياء حمراء تسميها حمراء . والاشعة التي تظهر الاشياء صفراء او خضراء او زرقاء او بنفسجية نسميها اشعة خضراء او زرقاء او بنفسجية » .

وقد تظهر الالوان بعض الخصائص الذاتية للاجسام المضاءة . ولكن هذه الخصائص ليست بذاتها تلوينية .

والاعتراضات على نظرية نيوتن سرعان ما تدفقت . وبعضها كان تجريبياً خالصاً . فقد قيل مثلاً ان خليط الالوان لا يمكن ان يعطي اللون الابيض . وقد قام الاب بارديز P.Pardies بالتجربة ، ولكن فشله جعله يرفض نظرية نيوتن ويعتبرها مجرد فرضية . وبناءً على توجيهات تجريبية من نيوتن ، حصل فيما بعد على نتيجة مرضية .

ومن جهة اخرى وجد هوك انه من المستصعب القول بآن واحد بجوهرية الضوء ، وبوجود عدد لا نهائي من الالوان في داخله . فاذا كانت الالوان موجودة سابقاً في اللون الابيض ، فانه يوجد فيه فقط الالوان الاساسية . ولكن من الممكن ايضاً الظن بحدوث عدد غير محدود منها شرط ان نفترض ان الضوء ليس جوهراً بل مجموعة من الذبذبات في الأثير . الى هذا الرأي انضم هوك أخيراً .

في بداية اعماله ظل نيوتن اميناً لتصور جسيمي خالص ، فحاول ان يفسر تنوع الالوان بتنوع الجسيمات المضيئة . فافترض اولاً ان الضوء يتألف من جزيئـ ت متنافرة مزودة بانعكاسيات مختلفة . ثم قال بان الفرق بين الجزيئات المضيئة يقوم فقط على تنوع في ضخامتها وان الجزيئات الاصغر تتطابق مع اللون البنفسجي . واذا كان تنوع الالوان مرتبطاً بالاحجام وبالتالي بجرم الجسيمات المضيئة فان الانكسار مرهون بهذا الجرم لان دور الموشور هو ذاته في كل التجارب . وظن نيوتن انه بين بان انحراف الضوء هو ظاهرة جذبية . وقد حصل على قانون السينوسات عندما افترض بان الوسط الانكساري يجذب الجزيئات المضيئة . وهذا الاستنتاج يفترض ، كما هو الحال في اسلوب ديكارت Descartes ، ان سرعة الضوء تزداد مع زيادة ثقل المكان نوعياً . واكثر من ذلك ـ وهذا امر لم يره ديكارت ـ لم يكن قانون السينوسات صالحاً الا لان كل ضوء هو وحيد اللون . فمن الطبيعي اذاً بالنسبة الى نيوتن ان يفترض ان التشتت مثل الانكسار هو ظاهرة جذبية . وهذه الفرضية تظهر حالاً ما فيها من صعوبات خطيرة . اولاً يجب ان نفترض ان الجسيمات البنفسجية التي هي الاكثر انحرافاً هي ايضاً الاكثر انجذاباً ، وهذا امر غريب ، لانها الاكثر صغراً .

ومن جهة اخرى هناك مجال للظن بان الانحراف والتشتت يجب ان يتناسبا ، لانهما يغطيان نفس التفاعلية الانجذابية . وظن نيوتن وهو يجرب على موشورات من الزجاج انه قد تثبت من صحة هذا الحكم . واستنتج منه استحالة الغاء تيه اللون في العدسات وفي الموشورات . ولا يمكن لاجتماع العدسات ، ان هو اقترن بمفعول انحرافي ، اي ان انتج انحرافاً في الشعاع المنبعث ، هذا الاجتماع لا يمكن ان يكون بدون ظلال لونية ، وهكذا دفع نيوتن الى اختراع التلسكوب ذي المرآة لكي يتفادى

النتائج المحتومة في تيهان الالوان. هذا الضلال « ضلال نيوتن » الذي حاربه أولر Euler، قبل بدون مناقشة بخلال القسم الاول من القرن الثامن عشر.

وعلى كل، وبعد 1672، لم يستبعد نيوتن مبدأ اثير متذبذب، وبين ان هذا المفهوم يتوافق مع وجود عدد غير محدود من الالوان. ان جزيئات النظرية المختلطة تحفز ذبذبات الاثير. وبعدها تتوافق صفات الموجة الحاصلة على هذا الشكل مع مختلف الالوان. ولكن الاتساع (لا التواتر كما هو عند مالبرنش) هو الذي يرتبط باللون .

مع مالبرنش ونيوتن تشكلت نظرية حديثة للالوان . وبخلال القرن 18 كان صحة هذه الاصلاحات المتداخلة تتثبت باستمرار. وتميزت الالوان بسلم من الوتائر وكل واحد من المكونات « الوحيدة اللون » Monochromatique تشكل لوناً صافياً . اما تكوين بصريات كمياتية ، وبخاصة نظرية رياضية للالوان ، فقد اتاح التأكد بشكل دقيق بطرق سوف تصبح الاكثر دقة في كل الفيزياء، دقة التصورات القاعدية. وسوف يكون تطور بصريات فرنل Fresnel اثباتاً للمبادىء الموضوعة بوعي من قبل مالبرنش وهويجن ونيوتن، كما سيكون مبرراً لطرق البصريات الرياضية الجديدة .

الفصل الخامس :
المغناطيسية والكهرباء

« وبسبب تعطيل قطعة من العنبر بعد حفها بالصوف لقوانين الجاذبية، اوجدت الفيزياء قوانين الكهرباء الستاتية . ولان قطعة مغناطيس تسحب الحديد رغماً عن قوانين الجاذبية بـالذات، صـاغت الفيرياء ايضاً قوانين المغناطيسية » (الاب دوهيم P.Duhem .)

من المعلوم ان طاليس Thalès (القرن السادس قبل المسيح) في الغرب هـو الذي يعـود اليه الفضل الاول في الانتباه إلى هذه الشذوذات على قواعد الجاذبية، او على الاقل جذب الانتبـاه اليها. ومضت قرون بعده ولم يضف احد شيئاً ايجابياً على المعرفة بظاهرات الكهرباء والمغناطيسية .

وللخروج من هذا الجمود، حدث امرٌ وجاء رجل :

اما الحدث فهو انتشار اكتشاف في الغرب في أواخر القرن الثاني عشر، يبدو ان الصينيين عرفوه في مطلع العصر المسيحي هو اكتشاف البوصلة (1). والقدرة النظرية للخاصية المدهشة التي يتسم بها المغناطيس الذي هو في اساس البوصلة ، هذه القدرة النظْرية تعادل الخاصية العملية التطبيقية . ونورد حرفياً ما قاله مؤلف في القرن السابع عشر هو وليم بارلو William Barlow، بشكل مبالغ تقريباً انما موحٍ :

هـذه الخاصيـة « . . هي المصـدر الحقيقي لكـل علم المغنـاطيس، بحيث انـه لـو عـرفت عن المغناطيس صفات أخرى قبل ذلك، فان اسبـابها كـانت ستظل مجهـولة تمـاماً ولم تكن لتكتشف قبـل ذلك » .

والرجل الذي استفاد من هذا المصدر، الذي لم يكن علم المغناطيسية بل العنـاصر الاولى لهذا العلم هو الراهب من البيكاردي بيار ماري كور(2)Picard Pierre de Maricourt . في كتابه القصير حـول المغناطيس، والمـوجه الى شخص اسمـه سيغر فـوكوكـور Syger de Foucaucourt (ابستولا

---

(1) راجع المجلد 1 ، القسم 3 ، الفصلين الرابع والثامن .

(2) راجع المجلد 1 ، القسم 3 ، الفصل الثامن .

بريبريني . . Epistola Petri Peregrini..1269) «يزاوج» بيار ماري كور Pierre de Maricourt بين المغناطيسية وعلم الفلك، بين التجربة المغناطيسية والعقلانية الفلكية. ويرى في الحجر الممغنط الذي يتجه باتجاه محور السماء او باتجاه كرة الثوابت، « المثيل » لهذه الكرة وحدد عملياً، على الحجر الممغنط وجود قطبين ووجود محور يجمع بينهما، وهذان القطبان يماثلان القطبين في الكرة السماوية والمحور الذي حوله تدور. وهكذا بعد ان حدد بنية المغناطيس، توصل بيار ماري كور Pierre de Maricourt الى اثبات مجموعة من الظاهرات المغناطيسية الاساسية .

وطيلة القرون الثلاثة الماضية من القرن الرابع عشر الى القرن السادس عشر لم يُنْتَس ما قاله ماري كور Maricourt. ولكن زعمه التشبيهي اهمل، وبدلاً من مجمل تصوراته الموحدة والمنظمة، وبدلاً من التجارب ومن الخصائص المغناطيسية الموضوعة من قبل الراهب البيكاردي Picardi، نجد بصورة مشتتة لدى مختلف المؤلفين عدداً من الاجزاء غير المنظمة. فضلاً عن ذلك ان تأويله الايجابي الوضعي للظاهرات المغناطيسية المستقى من علم الفلك نجد له، بحسب المؤلفين وبحسب وجهات نظرهم، تفسيرات تيولوجية وشاعرية وحيوية واحيائية وحركية او سحرية .

وعلى كل حال وضعت بعض الظاهرات الجديدة والمهمة، في المغناطيسية، موضع الابراز طيلة هذه الحقبة. والى هذه الايضاحات يعود الفضل في اكتشاف ما هو جوهري بالنسبة الى المستفيدين من البوصلة مثل البحارة، وايضاً السحرة في عصر النهضة. وقد ساهم هؤلاء جميعاً في ابراز ظاهرات المغناطيسية. واستعار جان باتيستا بورتا Giambattista della Porta (في كتابه السحر الطبيعي: الكتاب 1589,20) بعض تجارب ماري كور Maricourt فطورها واكتشف بعض الوقائع الاخرى المهمة .

وهكذا تشكل، بين القرن 13 والقرن 16 قسم من مجموع الظاهرات الاساسية في المغناطيسية. ولكن اذا استثنينا عمل بيار ماري كور Pierre de Maricourt، فان هذه العناصر الايجابية تغرق لدى افضل المؤلفين في ركام الاساطير والخصائص الخيالية والسرية او السحرية المعزوة الى المغناطيس. وظل الادب المغناطيسي ينقل حكايات من ايام بلين Pline، ويغتني بقصص خيالية عن بحارة، وهذه الحكايا تتعلق بصخور هائلة او جبال ممغنطة، فضلاً عن اختراعات المشعوذين الجدد في عصر النهضة .

في هذا الوضع ظهر في لندن سنة 1600، وفي السنة الاولى التي بدأ فيها القرن السابع عشر، المؤلف الذي سوف يغير نهائياً مجرى تاريخ المغناطيسية وهو : « في المغناطيسية. » لمؤلفه وليم جيلبرت William Gilbert (1540 – 1603). وقد لقبه معاصروه بحق « ابو الفلسفة المغناطيسية ». وقد قرأ جيلبرت Gilbert كل المؤلفين القدامى والمحدثين الذين عالجوا موضوع المغناطيس وعرف كتبهم تفصيلاً. في مقدمة كتابه اعلن جيلبرت عن عزمه على التخلص نهائياً من اسلوب التفلسف الذي جرى عليه سابقوه الا ان هذه المقاطعة الجذرية فعلاً لم تكن كاملة : فقد كان لاحد السابقين مقام عنده هو بيار ماري كور Pierre de Maricourt. واذا كان قد تكلم عنه قليلاً فانه مدحه كثيراً. والمقارنة بين كتاب جيلبرت في المغناطيسية وكتاب ماري كور: « رسالة في المغناطيسية » تظهر بدون ادنى شك تأثر

جيلبرت كلياً بالراهب البيكاردي. وقد ذهب بعض معاصري جيلبرت الى حد اتهامه بانه سرق عن الراهب.

والاتهام كاذب وظالم ولكن من المهم التذكر، بهذا الشأن، بان التأثير هو سببية معقدة، حيث، كما اشار آ. كواري A.Koyré، « يكون المفعول سبب سببها ». والى جيلبرت Gilbert يعود الفضل الاول في تقدير اعمال ماريكور Maricourt واتخاذه اياه نموذجاً. فقد اخذ عنه، اخذاً نقلاً، تصوره التشبيهي للمغناطيس واسلوبه التجريبي. ولكن جيلبرت اراد الذهاب ابعد من سلفه، ودعا قراءه الى اتباعه ضمن الطريق الجيد المستعاد.

وقد طبع تاريخ المغناطيسية كله، بخلال القرن 17 بطابع جيلبرت. وتمت العودة الى عمله، فانتقدت تفسيراته وتصوراته، لما فيها من اسراف، وكررت تجاربه واستكملت. وانتقدت انتقاداته بدورها. وهكذا، ابتداء من جيلبرت الى هويجن، مروراً بكابو Cabeo وديكارت Descartes وبويل Boyle، اكتفاءً بذكر المؤلفين الاكثر اهمية، حققت المغناطيسية سلسلة من الانجازات الحاسمة في جميع الاوجه: نظام المغناطيس والمغناطيسية الموضحة، تحديد نطاق ومكانة العلم الجديد،تشكيل الاحداث الاساسية في المغناطيسية.

وفي سنة 1687 ظهر كتاب « الفلسفات الطبيعية والمبادىء الرياضية » لنيوتن، بمبحثه المعرفي (ابيستمولوجيا) الجديد، وما فيه من تصور جديد للجاذبية الكونية ونموذج الجاذبية الارضية، فاعطى للمغناطيسية العناصر الاخيرة اللازمة لها لتكون علماً فيزيائياً رياضياً.

وهذا الحدث لم يقع الا في الربع الاخير من القرن الثامن عشر. فلماذا توجب انتظار حوالي قرن من الزمن، حتى تطبق على الظاهرات المغناطيسية النموذج النيوتني، وحتى تتم صياغة القانون الاساسي في المغناطيسية (قانون كولومب) الذي يشبه شكلاً قانون الجاذبية الكونية ؟ سوف نبين ان القرن 17 هو المسؤول جزئياً عن هذا التأخير.

وكما ان القرن 17 لم يتوصل الى استخلاص قوانين المغناطيسية، فانه لم ينجح كذلك في صياغة قوانين الكهرباء الجامدة (الكتروستاتيك). الواقع انه لم يكن يمتلك الوسائل الكافية لكي يخلق العلم الكهربائي، ولم تكن لديه الرغبة في ذلك، نظراً لانعدام الوعي الحق لاهمية ولخصوصية الظاهرات الكهربائية. وعمله (اي القرن 17) وانجازه في هذا المجال لا يشبه في شيء انجازه الذي تحقق في مجال المغناطيسية، ولكنه يبقى رغم كل شيء مهماً.

I ـ انجاز القرن السابع عشر في المغناطيسية

في القسم 4 من « المبادىء الفلسفية » المنشور في امستردام سنة 1644، انصرف ديكارت في الفقرة 145، « لتعداد كل خصائص المغناطيس »، تعداداً ضرورياً « . . من اجل تبيين ان كل هذه

الخصائص وكل التجارب الغريبة التي استطاع المعجبون بالمغناطيس اكتشافهـا، حتى الان، يمكن ان تفسر بمثل هذه السهولة بفعل. . (المبادىء التي عرضها ديكارت في الفقرة 135). . . وان هذا وحده يكفي للاقناع بصحتها. . . ».

واذا أخذ هذا التعداد بذاته، خارجاً عن كل عودة الى الهدف الديكارتي، فانه يستعرض تقريباً مجمل ظاهرات المغناطيس المعروفة في القرن 17. فقد كان نصف هذه الخصائص تقريباً ثابتاً قبل سنة 1600، ولكن، كما سبق القول، الى وليم جيلبرت William Gilbert يعود الفضل في كشفها من جديد وعزلها عن مجمل الخصائص السحرية او الوهمية التي كانت تغشيها .

1 ـ تعداد خصائص المغناطيس

ما قدمته القرون الوسطى ـ ان المغناطيس الحر في حركاته يأخذ اتجاهاً محدداً في الفضاء . فيتجه احد اطرافه دائماً ، وفي اي مكان ناحية الشمال ويتجه الطرف الاخر نحو الجنوب. ونسمي هذين الطرفين بالقطبين : قطب الشمال وهو طرف الابرة الذي يتهجه نحو الشمال، وقطب الجنوب وهو الطرف الذي يتجه نحو الجنوب[1].

«ان القطب الشمالي في « الحجر » المغناطيسي يجذب القطب الجنوبي في الحجر الاخر، والقطب الجنوبي يجذب قطبه الشمالي. وبالعكس ان قربنا القطب الشمالي من القطب الشمالي هرب الحجر. . . . وكذلك ان قربنا القطب الجنوبي من القطب الجنوبي » (بيار ماري كور Pierre de Maricourt.

وعندما يوجه قطبان من اسمين مختلفين نحو بعضهما البعض يقتربان حتى الملامسة ويجتمعان ليشكلا مغناطيساً واحداً . وبالعكس (تجربة المغناطيس المكسور)، ان قسمنا مغناطيساً واحداً بحيث يكون سطح القسمة قاطعاً بزاوية قائمة الخط الذي يجمع بين القطبين او ما يسمى بمحور المغناطيس، فان النقطتين من الخط المقطوع هكذا، واللتين كانتا متلامستين من قبل، والتي اصبحت احداهما في احدى قطعتي المغناطيس، والاخرى في الاخرى، هاتان النقطتان تصبحان قطبين متعاكسين، بحيث ان إحداهما تحاول أن تتجه نحو الشمال والأخرى نحو الجنوب .

اذا مغنط مغناطيس ما قطعة حديد في طولها ، بواسطة التماس : « يتجه القسم الذي لمس الجهة الجنوبية من المغناطيس نحو شمال السماء وبالعكس يتجه القسم الذي لمس الجهة الشمالية من المغناطيس نحو جنوب السماء » (بيار ماري كور.).

ومغنطة الحديد ليست ثابتة. اذ يمكن تخريبها بسهولة ، وقلب اتجاه القطبين وذلك عن طريق

---

(1) نأخذ التعداد الديكارتي كمرشد، ونستعمل بعض التعابير الديكارتية، ولكن نذكر الخصائص بحسب ترتيب اكتشافها تاريخياً .

التماس من جديد بواسطة قطبين متعاكسين. ان حجر المغناطيس وقطعة الحديد الممغنطة يتجاذبان ويتباعدان بحسب نفس القانون الذي يحكم مغناطيسين .

هذه المجموعة الاولى من الظاهرات الاساسية، التي وصفها بيار ماريكور، والتي اتخذها كلها وليم جيلبرت تشكل كلاً منظماً ، او سلسلة تثبت كل صفة فيها الصفة التالية .

ما قدمه عصر النهضة - يمجد كريستوف كولومب لانه اكتشف سنة 1492 الميل المغناطيسي، واختلافه من مكان الى آخر في الكرة الارضية. وقد نسب الانكليزي روبير نورمان Robert Norman (توفي 1596)الى نفسه فضل اكتشاف الانحراف وتغيراته المحلية. لا شك أنه جهل يومئذٍ الكتاب الذي تكلم فيه جورج هارتمان G.Hartmann سنة 1544 عن تغيرات الانحراف المغناطيسي. ومهما يكن من امر تعتبر مساهمة المؤلف الانكليزي (الذي يصفه جيلبرت بانه بحار بارع وحرفي مُبدع) عظيمة. فقد اثبت في كتابه « الجذب الجديد » (1581) انه يتوجب وضع وزن في القطب الجنوبي من اجل جعل الابرة المغناطيسية افقية، ولكن الانحراف لم يكن بسبب مادة ذات وزن : اذ لو كان هذا صحيحاً ، لما كانت الإبرة تميل نحو الاسفل، بل تميل عامودياً؛ ومن جهة اخرى لما كان للإبرة نفس الوزن قبل المغنطة وبعدها. وصاغ نورمان، زيادة على ذلك، الرغبة في رؤية اجزاء قياسات الميل والانحراف في مختلف مواضع من الارض. (كان يجهل ان مركاتور Mercator ، في سنة 1546 قد سبق ووضع خارطة اولى حول اختلاف الانحرافات). وفي سنة 1585 نشر وليم بورو William Borough كتاباً اعتبره تكملة لكتاب نورمان، عرف فيه بشكل دقيق خط الطول المغناطيسي، واشار الى طريقة قياس الانحراف، كما اشار الى نتائج قياسات الميل في مختلف المواضع

وطور بورتا Porta في الكتاب السابع من مؤلفه (1589) تجربة المغناطيس المكسور التي اجراها بيار ماري كور. وعمم، بشكل أولي النتائج التي حصل عليها مبيناً أن هذه النتائج تعود الى الظهور مهما كان شكل المغناطيس المكسور، ولا يشترط ان يكون شكله كروياً، (وهو الشكل الوحيد المعتبر من قبل ماري كور) : « ان القطبين اللذين يظهران عند الكسر هما نقطتان موجودتان تماماً على الخط الذي يجمع بين القطبين الابعدين في المغناطيس الاول » (جان دوجات) J.Daujat. وكسر فيها بعد المغناطيس، انما بشكل غير عامودي كما فعل ماري كور على محوره، انما فوق المحور بالذات : فان القسمين في كل من القطعتين الجديدتين اخذا يبعدان عن الطرفين في القسم الاخر القريبين قبل القسمة. وهكذا ثبت بورتا Porta فكرة بيار ماري كور، المستعادة في القرن السابع عشر وبموجبها تشبه خصائص كل قسم من المغناطيس الخصائص التي وجدت في المغناطيس قبل قسمته .

وكان بورتا هو اول من اشار الى ان شفرة الحديد المطبقة الى احد قطبي المغناطيس تحول قدرته على سحب قطعة حديد اخرى نحو هذا القطب بالذات، في حين كان الاعتقاد سائداً بان قوة المغناطيس لا يمكن ان تحول او تحجب بأي جسم كان. ويبدو اخيراً ان بورتا كان الاول في اثبات ان نخالة الحديد تصطف وفقاً لترتيب معين حول المغناطيس (وهذا ما يسمى بالطيف المغناطيسي) وان الحرارة تنزع المغناطيس.

وهناك تجربة اخيرة، كان لها اهمية نظرية قصوى، يجب ان تسجل لصالح القرن 16: لقد بين روبير نورمان Robert Norman ان النقطة التي تتجه نحوها البوصلة، لا تجذبها بل توجهها، وتعطيها اتجاهاً وليس نقلاً (Translation): وقد وجد، بالتالي، انه من الضروري تسميتها « نقطة التوجه » بدلاً من نقطة الجذب.

ما قدمه القرن السابع عشر - بقي للقرن السابع عشر ان يكتشف التنوع المؤقت في الميل Déclinaison. وقد بيّنه جلّيبران Gellibrand سنة 1636. الى القرن 17 يعود ايضاً الفضل في تصور وتحديد المغناطيسية الارضية. لقد فرض وليم جيلبرت فكرة ان الارض في مجملها هي مغناطيس (وليست مجرد مكان لمناجم مغناطيسية موجودة في بعض الاماكن من الارض. وقد ربط بالتالي بالمغناطيسية الارضية، المتصورة على هذا الشكل ظاهرات التوجه Direction والانحراف Déclinaison والميل Inclinaison.

ولم يلاحظ جيلبرت Gilbert ان الارض هي مغناطيس ضعيف. لقد رأى فيها الجسم المغناطيسي الاكثر كمالاً »، والمغناطيسيات الاخرى لا تكتسب خاصيتها الا من خلال طبيعتها الارضية. وصحح الاب غراندامي Grandamy تصور جيلبرت: رغم كبر الارض وضخامتها، فان الطاقة المغناطيسية فيها لا تبدو قوية فيها الا في غالبية الصخور المغناطيسية الشديدة الصغر نسبياً. .

ومن اهم اكتشافات جيلبرت هو اكتشافه المغنطة بدون تماس، « بالتأثير». وهذا دفعه الى لاعتراف بان النار قد تتلقى القدرة المغناطيسية من الارض، حتى في حال عدم وجود اي مغناطيس، ,ان الارض او غيرها من المغناطيسيات يمكن ان تبعد قوة مطلق مغناطيس، ان هو بقي لمدة طويلة موجهاً بشكل آخر، في مواجهة احد المغناطيسات او العديد منها، القريب او القريبة منه، حتى انه لا ينزع إلى البرم والتحول بصورة طبيعية.

وعند درس جيلبرت لتغير الاثار المغناطيسية تبعاً للمسافة، فقد حمل الى التمييز، حول مغناطيس كروي، بين كرة ذات جذب مغناطيسي وكرة ذات اثار موجهة، تمتد أكثر بكثير. هذا التمييز يجب ان يربط، كما سنرى، بالتمييز بين « النقطة الموجهة والنقطة الجاذبة »، التمييز الذي قال به نورمان Norman.

في القرن السابع عشر فقط لوحظ ان اقتراب مغناطيس من قطعة حديد بشكل مستطيل، فانه يتلقى الطاقة المغناطيسية دائماً بحسب طوله.

وذكر فيه ايضاً ان الصدأ والرطوبة وليس الحرارة فقط هي التي تعطل قوة المغناطيس.

وأخيراً انه في هذا القرن اكتشف «ديكارت الشكل الحلقي لما نسميه اليوم انابيب القوة المغناطيسية. . » (ي بوير E.Bauer) وعلق اهمية نظرية بالغة على ظاهرة الشبح المغناطيسي.

وبعد ان بيَّنا الخصائص الرئيسية للمغناطيس التي عددها القرن 17، فاننا الآن سندرس المفاهيم التي اتاحت التثبت من هذه الخصائص والتفسيرات التي اعطيت لها .

2 ـ نظريات المغناطيسية

وليم جيلبرت ـ William Gilbert ترتبط نظرية المغناطيسية عند وليم جيلبرت بفكرة اساسية هي فكرة ان الارض في مجملها هي مغناطيس. فهو يرى ان الارض ليست مغناطيسية لانها تحتوي جواهر مغناطيسية، بل ان الجواهر الارضية بطبيعتها هي مغناطيسية. ان القوة المغناطيسية جوهرية في الارض، في الجوهر الارضي. واذا كنا نجد المغناطيسية في الحجر المغناطيسي وفي الحديد، فذلك لان طبيعتهما، اكثر من طبيعة بقية الاجسام الاخرى، هي طبيعة الارض بالذات .

ان الخصائص المغناطيسية كلها تعود، في نظر جيلبرت، لا الى المادة التي منها تتكون الارض، بل الى « الشكل النجومي Astral » الذي اعطاها الله اياه. هذا الشكل المغناطيسي هو « القوة الخلاقة الاولية » هو الشكل الاول والرئيسي في الكوكب الارضي. انها مخصوص بكوكب معين. هذا الشكل هو في تصور جيلبرت هو شكل زرعت فيه الحياة .

كتب يقول : « ان القوة المغناطيسية حية روحية او انها تشبه الروح . وهي من عدة أوجه تتجاوز النفس البشرية. . » ففي حين تستخدم الروح البشرية « . . العقل، وترى الاشياء وتبحث. . ، فان الشكل المُحْيَ للكرة الارضية (مثل شكل بقية الكواكب) بدون اعضاء حواس، وبدون اخطاء، وبدون امراض، تمارس بصورة دائمة عملاً مستمراً، سريعاً ومحدداً، وثابتاً، وموجهاً، الخ. عبر كل كتلة المادة. . . » .

هذا الاثر لا يقتصر فقط على المادة المغناطيسية. انه ينتشر في الجو المجاور. حول الارض، « تنتشر اشعة القوة المغناطيسية في كل مكان في مناطق موحدة المركز ». والجسم القابل للمغنطة، عندما يوضع ضمن اطار تأثير الارض، فهو لا يتلقى، بالمعنى الصحيح، شكله المغناطيسي من الارض ـ لانه يمتلكه، مسبقاً، بحكم المماثلة والمشابهة في الطبيعة. الا ان هذا الشكل « يوقظ أو يبعث» ،و« يزاد ». ان القوة المغناطيسية في الجسم الممغنط تنتشر بنفس الشكل حوله، في الفضاء .

كيف تصور جيلبرت هذا الانتشار للقوة المغناطيسية، خارج الاماكن المغناطيسية ؟ .

« نحن لا نقول ان الاشكال المغناطيسية ومداراتها (Orbes) موجودة في الهواء او الماء او غيرهما من الاماكن غير المغناطيسية، كما لو كان الهواء او الماء يتلقيانها او يتأثران بها. لان القوى لا تكون فعالة ولا تبقى حقاً الا عندما تكون الاجسام المغناطيسية موجودة. . . ان المغناطيس يحفز فقط الاجسام المغناطيسية الواقعة على مسافات مناسبة ».

وينتج عن الشكل المغناطيسي مختلف الحركات المغناطيسية الطبيعية التي تمتلكها الارض،

وعددها ثلاث : حركة « كواسِيو» Coitio (التي تسمى عادة بالجاذبية) ؛ حركة التوجيه (تعيين الاتجاه Verticity) ؛ واخيراً حركة الدوران (او البرم على الذات) .

ان الاجسام الممغنطة ، كحجر المغناطيس او الحديد ، تمتلك هي ايضاً هذه الحركات الثلاث . وهي كالارض تجذب ، وهي مثلها توجه ، ولكن حركتهـا التوجيهيـة تتأثـر بجوار الارض ، وبمـوقعها الخاص ضمن دائرة مفعول الارض : وهذه الحركات بدلاً من ان تأخذ او تدل على الاتجاه الذي تتخذه الارض ، فانها تحرف وتميل ، واخيراً اذا كانت المغناطيسـات ، من حيث المبدأ ، تستـطيع ان تتحـرك بحركة دائرية ، فهي لا تأخذ بالواقعْ هذه الحركة ، لانها اي الحركة معكوسة ومصدودة **بعنف** بالجاذبية الارضية . فبالنسبة الى جيلبرت : الجاذبية الارضية هي الجذب الذي تنفذه مـادة الارض على مـادة المغناطيس ، جذب يعبر عن نزوع كـل مـادة كـوكب معين الى التجمع . واذا كانت الارض في مجملها تستطيع ان تدور حول نفسها ، فذاك لان الجرم الارضي هو في حالة توازن كامل حول محوره .

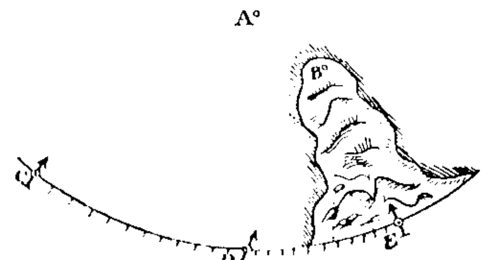
ينتج الجذب المغناطيسي ، الذي يميـزه جيلبرت عن الجـاذبية الأرضيـة ؛ « عن التأثـير المتبادل » الذي به تنزع الاجسام الممغنطة لا الى التكتل او التجمع في كتلة مادية واحدة ، بل الى اعادة تكوين ذاتها أي الى اعادة تشكيل جسم فعلي من الكتلة المادية ، له شكل (بمعنى التشكّـل المادّي) وحيد ، أي لتشكل مغناطيساً واحداً له قطبان وله محور .

والارض بقوتها (او بروحها المغناطيسية تأخذ وتحتفظ بتوجهها في الفضاء ، المكان الـذي اراده الله لها . وكما ان المغناطيس المبعـد عن اتجـاهه يعـود اليه ، منـذ ان يصبح حـراً ، كذلـك الارض ، بالفرض المحال ، ان ابعدت عن موضعها في الفضاء ، فانها تعود اليه طبعاً بقوتهـا المغناطيسيـة . ان القطبين الحقيقيين للارض ، القطبين النجوميين ، ليسا ، في نظر جيلبرت ، مجرد نقطتين جيومتريتين « كما اعتقد كل الناس (قبله) » بل هما نقطتان فيزيائيتان .

ان اي مغناطيس ، حر في حركاته ، يأخـذ مثل الارض اتجـاهاً في الفضـاء . ولكنه ، كـما سبق القول ، ينحرف ويميل . ويعارض جيلبرت كل الذين « حلموا » ، لكي يدللوا على الانحراف ، بمناجم من المغناطيس موجودة على بعدٍ من القطبين الجغرافيين . وهذا هو السبب الحقيقي بحسب رأيه . لـو كانت كرتنا كرة مكتملة ومتناسقة ، لكـانت الابرة الممغنـطة اتجهت تماماً نحو الشمـال . ولكنها غـير متساوية سواء في تكوينها (قارات ، بحار ، ومغائر ارضية تحتية)أو في تركيبها . وينتج عن ذلك « ان هذه القوة الشاملة للارض ، فوق سطحها ، تبعد الاجسام المغناطيسية نحو الاقسام الممغنطة الاكـثر قوه والاكثر ارتفاعاً » (الصورة 30) . كان جيلبرت يعلم انه لا يمكن تحديد طول مكان سنداً لمعرفـة الانحراف . وبالمقابل ، كان يؤمن ، وهذا هو استنتاج كل النظام ، بانه في كل نقطة تتجـه الابرة نحـو الوجهة التي تميل بها اليها « قوة الارض الشاملة » . واذن فهذه الوجهة تتأثر بقرب الرواسخ القارية او حتى بالجزر البسيطة .

اما الميل Inclinaison ، فهو مرتبط بالصورة الجيومتريـة الخاصـة التي يكون عليهـا المغناطيس

الارضي، الصورة الكروية . وبالفعل اذا اعطينا لحجر مغناطيسي شكلاً كروياً ، فاننا نلاحظ اثناء نقلنا فوق سطحه، لابرة ممغنطة متوازنة انها تميل: عند خط الاستواء تكون الابرة مماسة للكرة اي انها عامودية بالنسبة الى القطبين وفوق سطح الارض، تتيح بوصلة الميل Inclinaison (التي عرفها جيلبرت) العثور على نفس القانون . ان الميل مرتبط بالطول (الموقع فوق خط الطول)، الا انه غير متناسب معه ، لان التغير ينقص من خط الاستواء نحو القطب . والبناء الجيومتري الذي يقترحه جيلبرت، لكي يشرح هذا القانون ، هو احد هذه الابنية الجميلة (الخاطئة غالباً) التي قدمتها الفيزياء الجديدة في القرن 17 لكي تترجم رياضياً الظاهرات .



صورة 30 ـ تأثير الكتل الكبيرة على اتّجاه البوصلة . في منطقة متجانسة ، C ، تتّجه البوصلة نحو القطب A (يفتقر الرسم إلى الدّقة) . في D وفي E تتسبّب الكتلة B بانحرافها . (و. جيلبرت ، De magnete ، ص 183) .

والميل اخيراً ليس سببه جذب المغناطيس الارضي بل هو ناتج عن تأثيره التوجيهي .

لنتأمل اخيراً في الحركة المغناطيسية الثالثة الطبيعية: حركة دوران الارض حول محورها. ان القرن 17 ، بمجمله لم يأخذ، وهو مصيب، بهذه الحركة التي نادى بها جيلبرت. لقد فتش عن تفسير للحركة اليومية للارض، ضمن سبب ميكانيكي لا مغناطيسي. الا ان جيلبرت يرى ان هذه الحركة ، ان امكن القول، هي الاهم في نظره. لان كل فلسفة مغناطيسية هي في خدمة مفاهيمها النجومية والكونية. فجيلبرت، الميال، من بين الاوائل، الى حركة دوران الارض، اراد المدافعة عن هذه الحركة، ضد اعتراضات الارسطيين. فهو يقبل، مع هؤلاء بالتمييز بين الحركات الطبيعية والعنيفة، ولكنه يهتم بان يثبت ان الدوران على الذات هو حركة طبيعية وليست حركة عنيفة. وظن انه يجد في المغناطيسية الاسس الفيزيائية لهذا البرهان . مستلهماً في هذا عمل بيار ماريكور Pierre de Maricourt ، كما سنبينه الآن .

بيار ماريكور Pierre de Maricourt وجيلبرت Gilbert ـ يقول بيار ماريكور لمراسله « يجب عليك ان تعلم، ان هذا الحجر (المغناطيسي) يحمل في ذاته شبه السماء » وهذه المشابهة ليست بارزة بشكل مباشر، والتحليل العقلي لا يمكنه ان يقررها او يثبتها بمفرده. ان على الفن ان يثبت وجودها ويبرزه.

يوصي بيار ماريكور الحرفي ان ينتقي حجارة مغناطيسية جيدة النوعية ومتجانسة. ويجب عليه، فيما بعد « . . . ان يعطي للحجر شكلاً مدوراً (كما هو شكل الكرة السماوية) وذلك بواسطة الآلة المستعملة لهذه الغاية في البلورات وغيرها من الاحجار ».

فاذا تم انجاز هذه الاعمال الاولية، عندها يمكن اقرار وتطوير المماثلة النجومية المغناطيسية.

كتب يقول : « في السماء ، هناك نقطتان ملحوظتان، لان الكرة السماوية تدور حولهما كما حول محور، اولاهما تسمى القطب الشمالي والثانية القطب الجنوبي. ومثل ذلك، انك واجد في هذا الحجر، نقطتين تسمى اولاهما القطب الشمالي والثانية القطب الجنوبي » وقطبا الكرة السماوية هما النقطتان حيث تتلاقى كل الدوائر الكونية المسماة السمت Azimuts. ان قطبي المغناطيس هما كذلك نقطتا تلاقي الدوائر الكبرى التي سوف تظهر فوق الحجر المقصوب بالشكل التالي : « . . . نضع فوق الحجر ابرة أو قطعة حديد بطول متوازن كالابرة ، وبحسب اتجاه الحديد نخط خطاً يقطع الحجر نصفين. وبعدها نضع الابرة أو قطعة الحديد في مكان آخر من الحجر وبالنسبة الى هذا المكان أيضاً نخط خطاً جديداً . وان شئت تفعل نفس الفعل في عدة أمكنة ، وبدون أدنى شك ، تلتقي هذه الخطوط عند نقطتين » .

هذه المماثلة لا يتصورها بيار ماريكورPierre de Maricourt كمشابهة رياضية خالصة ، تغطي حقائق مختلفة بصورة اساسية. ان مشابهة « السماء » التي يحملها الحجر في ذاته، تعبر عن مماثلة طبيعية . ان المادة الاثيرية / غير القابلة للفساد والمتكونة منها الكرة السماوية (من ضمن مواد مختلفة) والمادة الثقيلة والقابلة للفساد والتي يتكون منها حجر المغناطيس، لهما نفس الشكل الذي يعطي للكرة السماوية ولحجر المغناطيس، ذات الصفة النوعية ، وهو ايضاً مصدر نفس الحركات الطبيعية ، ونفس الغرائز، ونفس الشهية . هذه القناعة كانت عنده كبيرة الى درجة انه اعتقد بانه من الممكن ان يكون لحجر المغناطيس حركة دائرية محورية متجانسة تشبه حركة الكرة السماوية : المدعومة بلطف بقطبيها ، ومحورها مرتكز على خط الطول الجغرافي او المغناطيسي (وهما غير متفارقين في نظره)، انها حجر دائري تماماً يجب ان يدور تحت تأثير من السماء .

ونقل جيلبرت Gilbert هذه التصورات في نظامه الفلكي. وقطع حجر المغناطيس الى كرة ، لا على شكل الكرة السماوية بل على شكل الكرة الارضية : وسماها « ترالا » Terrella ابنة الارض . اما خطوط الطول والقطبان، ومحور المغناطيس، التي جعلها كلها بشكل مماثل تماماً للشكل الذي صنعهُ بيار ماريكور فلم تكن مماثلة للسماء بل للارض ، وهكذا اذا تغيرت كل المعاني عند الانتقال من « ابيستولا دي مغنيط Epistola de Magnete . . » الى « المغنيط . . » فإن البنيات ظلت كما هي .

ورغم ان هذه المماثلة الفلكية لم تحفظ، من قبل العلم، فان دورها كان ضخماً ، اذ انها هي التي اتاحت تصور المغناطيس كشيءٍ طبيعي لا كشيء فوق الطبيعة ، سحري ، وخفي . ثم ان هذه المماثلة، اتاحت، ايضاً، نوعاً من الريضنة للمغناطيس. ونخطىء حين نعتبر بان خطوط الطول المغناطيسية، والكرات المؤثرة الخ . التي يتكلم عنها بيار ماريكور وجيلبرت، تغطي مفاهيم خط القوة، وسطح المستوى. . . هذان المؤلفان اعطيا للمغناطيس، للفضاء الداخلي، ولسطحه ولفضائه المجاور بنية طوبولوجية Topologique متميزة، لا بنية مترية .

كابو Cabeo وكبلر Kepler - لم يبخل خلفاء جيلبرت Gilbert، في القرن السابع عشر، عليه بالمديح والاعجاب، سواء كانوا من الارسطيين مثل كابو Cabeo وتلامذته غراندامي Grandamy وكيرشر Kircher وليوتود Léotaud، ام كانوا كوبرنيكيين Coperniciens مثل غاليلي وكبلر Kepler.

يقول كابو، في كتابه« فلسفة مغناطية » (1629) بدون تحفظ تقريباً ، بالعمل التجريبي الذي قام به جيلبرت ، ولكنه يناقش تفسيراته وشروحاته النظرية. ويبني من جهته نظرية مختلفة هي النظرية الارسطية حول المغناطيسية والتي كانت مفقودة حتى ذلك الحين. وطبق على نتائج جيلبرت المفاهيم التي وضعها شرّاح ارسطو، والاسكندر الافروديسي Alexandre d'Aphrodisias حتى ابن رشد Averroès وسان توما Saint Thomas وطورها. واكتسب ايضاً الفضل العظيم في انه بحث، ، عن ماهية السبب. . . الرياضي الذي يجعل القوة المغناطيسية تنتشر : في كل نقطة من كرة تأثيرها يجب ان تكون للقوة ضخامة وادارة وتوجه يتلاءم مع بناء رياضي.

واخيراً ، رفض حركة الدوران المغناطيسي، التي قال بها جيلبرت، ورد الحركتين الاخريين الى حركة واحدة. وبصورة ادق لقد شرح بنفس الاسلوب حركات الجذب والتوجيه: ان الحركة الطبيعية في المغناطيس هي حركة الادارة والتوجيه.

كتب يقول : « ان الجاذبيات المغناطيسية، لا تتأتى عن شيء آخر غير الاستقطاب (التناقض الكامل) Polarité الذي اشرنا اليه كوسيلة توجيه نحو قطبي الارض بحيث ان الجسم المغناطيسي بنفس الحركة الواحدة، له كمال ضروري قادر بآنٍ واحد على جذب الحديد، والتوجه نحو قطبي الكون ، وان بدا جيلبرت بعكس هذا الرأي. . . ان المغناطيس الحر، وبذات القدرة التي توجهه باتجاه وبوجهة معينين يتحرك ايضاً لكي يقترب من المغناطيس الآخر» .

لم يضف غاليليه شيئاً الى دراسة المغناطيسية التي قام بها جيلبرت. اما كبلر فقد استفاد منها بشكل مميّز. فقد ماهى بين المغناطيسية والجذب الكوني (في حين ان جيلبرت ميز بينهما) فبالنسبة اليه، كل القوى النجومية هي مغناطيسية. الشمس تدور حول نفسها وتحرك العالم النجومي بحركتها الذاتية (Species motrix) نوع جنس. ويفسر المدار الاهليلجي للكواكب وللارض (التي لا يقول جيلبرت بدورانها حول الشمس) يفسر بالاستقطاب (في المغناطيسيات الكواكبية، التي تجتذب وتدفع دورياً وتتالياً، من قبل المغناطيس الشمسي، والتي من جراء هذا، تذهب سريعاً نوعاً ما (ان السرعات تتناسب-عكسياً مع المسافات) لان القوة المحركة المنبثقة عن الشمس، تخف بفعل المسافة » (آ. كواري) A.Koyré.

ديكارت Descartes بويل Boyle، وهويجن Huygens - قليل من التجارب، انعدام الحساب اطلاقاً،نظرية طموحة تشكل في تفصيلاتها قصة حقيقية ، لهذا كله كانت الدراسة التي قام بها ديكارت للمغناطيسية مخيبة للامال في نظر العلم الوضعي. ولكنها مهمة في الاعداد الفلسفي لعلم المغناطيسية .

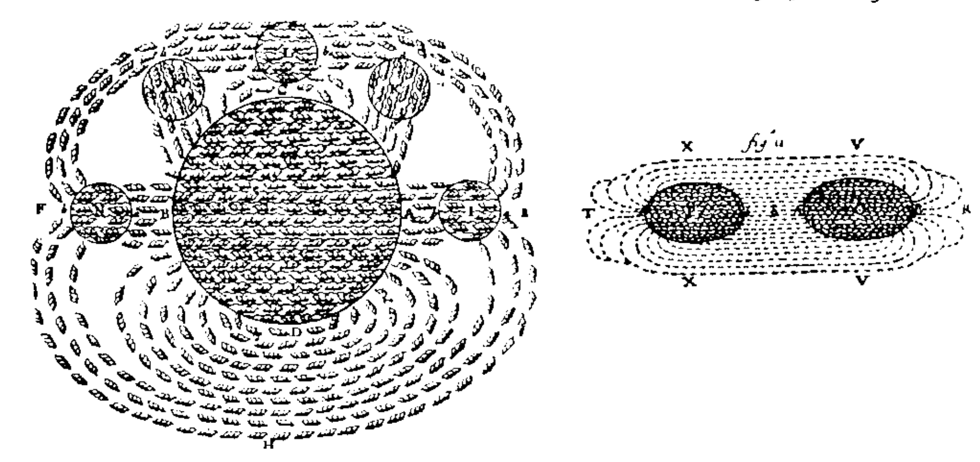
تشكل الاشكال المغناطيسية الحية او غير الحية التي وضعها جيلبرت Gilbert وكبلر Kepler او كابو Cabeo ، هذه الطبائع التي تولد حركات مغناطيسية طبيعية تشكل بالنسبة الى ديكارت أمثلة من الأوهام التي تعيق الفيزياء والتي تتأتى عن غموض الأفكار في النفس والجسد وقد استبعدها هو من المغناطيسية ، كما استبعدها من أقسام أخرى من الفيزياء .

ومهما كان من اسر التجاوز الحتمي في المشروع الديكارتي، فقد كان هذا المشروع مفيداً للعلوم عموماً وللمغناطيسية خصوصاً .

لقد اراد ديكارت ان يبين خلو المغناطيس من الصفات الخفية التي ليس لها اي علاقة في الانسجام أو في التنافر ولا أي مفعول عجيب لا يمكن تفسيره انطلاقاً من مبادئه: أي من الضخامة والصورة والوضع والحركة. فقد اراد ان يحطم بصورة خاصة ما سوف يكون خطيرا جدا فيما بعد وهو فكرة الجذب العفن كما يردد كل الديكارتيين عن القدرات الخفية :

«إذ لا يوجد بالفعل اي جذب في هذا ولكن حالما تصبح الحديدة ضمن كرة فاعلية المغناطيس، تنتقل اليها هذه الفاعلية، من خلال اجزاء ذات قنوات، تطرد الهواء بين الاثنين بحيث يقتربان : اي ان المغناطيس والحديدة يدفعان احدهما نحو الآخر بواسطة الهواء المجاور الذي يندفع داخل الفراغ المحفور على هذا الشكل » .

ان العلم الوضعي لم يحفظ شيئاً لا عن الاقسام ذات القنوات التي هي اشكال من اللوالب في المادة اللطيفة التي تضرب الأجسام بشكل لا يتوقف ، وليست هي كذلك مسام تمر عبرها هذه الاجزاء ذات القنوات، مرة بسهولة ومرة وهي تتعلق بجرم الجسم . ولا يهتم هذا العلم بمعرفة ما اذا كانت هذه الاجزاء تتعلق بالعنصر الاول او العنصر الثاني او العنصر الثالث، هذه العناصر التي هي محركات علم نشأة الكون عند ديكارت .



(الصورة 31) الشبح المغناطيسي (الى اليمين) ومخطط تفسيري للمغناطيسية الارضية (الى اليسار) .

ديكارت ، المبادىء الفلسفية 1644 ص 194 وص 198 .

يدرس ديكارت - او يتخيل - المغناطيسية انطلاقاً من الظل او الشبح المغناطيسي، بعد ان قدم له احدى أولى رسماته (شبح محدث بفعل مغناطيسين متجاورين) (صورة 31 ، إلى اليمين) وبالنسبة اليه ترسم خطوط الشبح مسار الأجزاء ذات القنوات التي تمر بالمغناطيس وتخرج منه ثم تعود اليه بعد دورة خارجية .

يوجد، حسب اعتقاده، تياران متعاكسا الاتجاه، كل واحد منهما لا يستطيع الدخول في المغناطيس الا من أحد أطرافه لكي يخرج من الطرف المقابل . والمغناطيسية الأرضية (صورة 31 ، إلى اليسار) تفسر بنفس الشكل : آتياً من المناطق المطابقة في السماء ، يدخل تيار من خلال نصف الكرة الجنوبية ليخرج من نصف الكرة الشمالي ، والتيار الآخر يسلك السبيل المعاكس . وبقول آخر ، هناك بالنسبة اليه نوعان من التدفقات المغناطيسية ، تتعاكس مع بعضها البعض . ولكل من هذه التدفقات أجزاؤه المضلعة التي تتعاكس مع الأخريات ، وهو يجد داخل المغناطيس مجاريه الخاصة الصغيرة ذات الشكل المناسب .

ويتلقى التوجه منحىً ميكانيكاً خالصاً . ان البوصلة تخضع لدفق الاجزاء المضلعة التي تقومها « بفعل القوة التي لهذه الاجزاء حتى تكمل حركتها بخط مستقيم »، ويتلقى الميل تفسيراً مماثلاً. ولكي يتعرف ديكارت على تغيرات الانحراف، تبعاً للمكان، اعتمد حلَّ جيلبرت. ولكنه ظن ان من واجبه ان يوضح (« لان الامر اكيد ») انه توجد مناجم مغناطيس وحديد في منطقة ما اكثر مما في اخرى، وهذا حل كان جيلبرت قد رفضه علناً . اما هو اي ديكارت. فقد عرف تغيرات الانحراف، تبعاً للزمن، وفسرها، بشكل صبياني، بانها من جراء استثمار وبالتالي استنفاد بعض مناجم الحديد.

واخيراً ، قطع ديكارت مع جيلبرت وكبلر، فلم يعطِ اي دور للمغناطيسية في حركة الارض او الكواكب، التي اعتبرها مدفوعة باعاصيرها المكونة من مادة لطيفة .

ان التفسير الديكارتي للمغناطيسية متأثر جداً باسلوب الفيلسوف ان الكرة الارضية، والمغناطيس ليست اشياء اخرى غير اماكن مرور يمكنها شكل مسامها (الصورة الجيومترية) من تلقي، باعداد كبيرة بعض انواع « الاجزاء المضلعة » التي تجتاز الكون. وبدا حب التنظيم غالباً على الاهتمام بالتجربة . ولكن الفكرة العامة في النظام، ان لم يكن النظام نفسه سوف يقدم اطاراً للتجارب، حتى لدى عالم بعيد عن الديكارتية مثل هويجن .

واستعاد الديكارتيون او كرروا افكار ديكارت.

ومع روبير بويل Robert Boyle سقط المعتقد العظيم بشأن دور الهواء في الجذب المغناطيسي امام التجربة. لقد وضع بويل Boyle بوصلة تحت آلة محدثة للفراغ ، وقرب مغناطيساً ذا قوة متوسطة، فرأى ان المغناطيس يجذب او يبعد رأس الابرة وفقاً لقوانين المغناطيسية، دون ما فرق كبير مع ما كان يمكن ان يحصل لو لم يسحب الهواء من الآلة التي توجد الابرة بداخلها (اعمال ر. بويل R.Boyle، مجلد 1) .

واذن « فالحمم المغناطيسية» الصادرة عن المغناطيس، او ن هذا المغناطيس الكبير الذي هو الأرض ، هي التي تتدخل وحدها .

هذه الحمم يجب ان تحدث (« وهذا لا يبدو في نظري مستحيلاً على الاطلاق » كتب بويل) تغييراً في البنية الداخلية للجسم، مما يجعله مستعداً بذاته لاحداث أثر مغناطيسي .

وترك هويجن Huygens لنا كتاباً عن « المغناطيس » (1680)، وعدة دراسات نشرت مع هـذا الكتاب في المجلد 19 من « اعمال » ـــه. وككل العلماء في عصره بنى عالمه بـالمبادىء : ان الأثـير هو الذي ينشر الضوء؛ والمادة المغناطيسية، هي الطف من الأثير، والقوة التي تحدث الجاذبية الارضية هي الطف ايضاً. وكما هو الحال بالنسبة الى ديكارت، يرسم الشبح المغناطيسي الدرب الذي تقطعه « مادة ما ». ولكن هويجن لم يلتفت الى التيارين المتعاكسين. فهو يـرى انه لا يـوجد الا تيـار واحد لم يحـدد اتجاهه. واقترح بشأن الاتجاه الذي يـأخذه مغنـاطيس بالنسبـة الى الارض او الى مغناطيسـات اخرى مجاورة، التفسير التالي :

« يجب ان نعرف ان الحركة الدائرية لمادة اي اعصار، لما كانت سريعة جداً ، فان وجـدت في طريقها مغناطيساً آخر، فانها تفتح ممراً لها، ان استطاعت، من خلال مسامه. . . فاذا كانت المسام في المغناطيس الملتقى منحرفة . وبالتالي فانها تحول عن حركتها الدائرية، وتبذل بالطبع جهداً لكي تختصر هذه الدورة، وبالتالي، اذا كان المغناطيس الملتقي، حـر الحركـة، فانها تصفـه وتوجهـه بحيث تكون مسامه موازية لاعصارها » .

يقول ي. بوير E.Bauer « يطبق هويجن، بالغريزة اجمالاً، على المادة المغناطيسيـة مبدأ المسـار الادنى، المشابه لمبدأ فرمات Fermat في الضوء. . » اما الجاذبية، فان سببها اصله ميكانيكي، كما هو المجال لدى ديكارت . ولكن هويجن يقرن المبادىء بالتجربة لكي ينكر كلّ دور يلعبه الهواء في الظاهرة . « إنه نفس مبدأ المسار الأدنى الذي يتيح توضيح تفصيل الانجذابات والتنافرات بين القطبين » (ي . بوير E. Bauer) .

نرى، في نهاية هذا العرض، ان حركة الفكر المنبثقة عن عمل جيلبرت ادت الى توضيح لمفاهيم المغناطيسية :

أ) تـوضحت وظيفة المغنـاطيسية: ان القـوة المغناطيسيـة ليست القوة الكـونية التي اليهـا يرد جيلبرت وكبلر تفسير ظاهرات علم الفلك والجاذبية الكونية؛ واذا فمجال المغناطيسية محدد جداً .

ب) ليس في المغناطيسية شيء خفي، انها طبيعية لا بالمعنى التجسد المادي (Hylémorphique) بل بالمعنى الميكانيكي للكلمة .

ج) يوجد اخيراً مجمل مهم من المعارف الوضعية الاساسية .

3 ـ فشل القرن 17 في إدخال القياس في المغناطيسية

منذ عصر النهضة ، أصبح الاهتمام بالقياس ، موجوداً في المغناطيسية . فالإبحار ، وتحديد

خطوط الطول وخطوط العرض كانا يتطلّبان ادخال القياس . ولكن « البحوث حول أفضل السبل من أجل صنع الابر المغناطيسية » تقتضي هي أيضاً الاطلاع على العناصر الكميائية .

يحتاج الفن الى قواعد والى نتائج عددية لكي يحدد الاشكال، والابعاد، والاجرام الاكثر ملاءمة لاعطائها للبوصلات كي تعطي العلامات الاكثر وضوحاً ، والاكثر امانة ، والاكثر صوابية ، دلالة على الإتجاه ، رغم الاحتكاكات الميكانيكية ، ومقاومة الهواء ، والانحراف والميل وتغيراتها .

وحدها المعارف النظرية الاساسية يمكن ان ترضى مثل هذه الاحتياجات، نظراً لان جهود الحرفيين والتلمسات التجريبية اعجز من ان تقوم بالمهمة .

وقد عكف جيلبرت Gilbert وكابوCabeo وتلامذته على هذه المسائل وحاولوا ان يحددوا توزع الطاقة المغناطيسية ضمن الجرم وفوق سطح المغناطيس، ثم قياس تغير القوة المغناطيسية مع المسافة. ولكن جهودهم باءت بالفشل. ولكن مجيء نظريات نيوتن اتاحت، على ما يبدو، العودة الى هذه الدراسات على اسس جديدة، تم الانتهاء بها الى احسن النتائج . وقدمت مفاهيم نيوتن، بهذا الشأن، الحل الابسط، وتاريخياً الحل الوحيد الممكن لهذه المسائل. اذ كان لا بد من مرور قرن من اجل تكوين نظرية نيوتنية حول المغناطيسية، قرن استلهمت خلاله البحوث الرياضية ومحاولات القياس التي سوف تتكاثر، من المبادىء النظرية المختلفة : نظريات الهيدروديناميك Hydrodynamique، مدعومة بالمفاهيم الاعصارية التي قال بها ديكارت Sous – tendus. وكان هذا الوضع غريباً فريداً. بمقدار ما تلقت الافكار الديكارتية تراجعاً عاماً امام النجاح المتزايد في افكار نيوتن. واذا كانت افكار ديكارت قد استمرت تفرض نفسها في المغناطيسية، فذلك بسبب صعوبة « تصور قوى جذب يمكنها ان توجه مغناطيساً بدون ان تجذبه ». قلنا ان روبير نورمان Robert Norman بَيَّن ان النقطة التي تتجه نحوها البوصلة، لا تجذبها، بل توجهها، وسمى هذه النقطة: بانها نقطة التوجيه. وفهم وليم جيلبرت الاثرين الجذبي والتوجيهي في المغناطيس، باعتبارهما متمايزين من حيث الطبيعة. وبين ان كرة مفعول المغناطيس التوجيهي، تمتدّ اكثر من كرة الاثر الجذبي.

ووحد كابو Cabeo هذين النوعين من العمل واعتبر بان الاثر الاول والاساسي هو الاثر التوجيهي. واعتبر الجذب فقط كمفعول « عرضي » للمفعول الجذبي. وعلى هذا الاساس اشتغل الميكانيكيون واعصاراتهم تعبر عن هذه الافضلية او الاولوية التي يرتديها التوجيه بالنسبة الى الجذب.

وكان لا بد، من اجل تكوين نظرية جذبية للمغناطيس، قلب التراتب، واعطاء الاولوية للجذب على التوجيه. وهذا يقتضي، امكان شرح الحركة التوجهية للبوصلة انطلاقاً من جذبات لا تنتج الا حركات نقلية. ويعود الفضل الى أبينوس Aepinus (1757) في هذا التبيين.

فعن بعدٍ بعيد يكون مفعول المغناطيس « موحداً » : ان الابرة الممغنطة تخضع عندئذ الى « مزدوج » من القوى الجاذبة والدافعة تفرض عليها اتجاهاً ، ولكنها لا تستطيع ان تفرض عليها انتقالاً .

على اثر مثل هذا التفسير، تغيرت مفاهيم القطبين المغناطيسيين : فلم يعد القطبان عموماً، طرفي الابرة، بل نقطتي تطبيق قوى المزدوج الناتج الذي يخضع له المغناطيس في حقل متساوٍ، او- فيما خص الآثار الحادثة بفعل هذا المغناطيس من مسافة بعيدة - إنّهما المركزان المتوسّطان في الاجرام المغناطيسية الايجابية أو السلبية . هنا أصبحت أعمال كولومب Coulomb ممكنة البدء .

II ـ ما قدمه القرن السابع عشر في مجال الكهرباء

حتى دخول القرن 17، لم يعرف عن الكهرباء اكثر مما كان الاغريق يعرفون عنها في ايام طاليس Thalès : اي خصائص الكهرمان Ambre المحفوف الذي يجذب الاجسام الخفيفة. وكان الناس يخلطون في اغلب الاحيان بين الجذب الكهربائي والجذب المغناطيسي.

ومع ذلك فان بعض المؤلفين، مثل جيروم كاردان Jérôme Cardan (في اللطائف Subtilitates) (1551) حاولوا ان يميزوا بين فئتي الظاهرات .

كتب يقول : « ان جذب المغناطيس وجذب الكهرمان (Succin,ambre)ليس لهما نفس السبب. لان الكهرمان يجذب كل شيء خفيف اما المغناطيس فيجذب الحديد فقط . ان الكهرمان لا يحرك القشة، عبر جسم يحجب بينهما، اما المغناطيس فيفعل. والكهرمان غير مجذوب عكساً بالقشة ، اما المغناطيس فيجذبه الحديد. والقشة لا تتجه الى وجهة بفعل الكهرمان، اما الحديد فيوجه نحو الشمال والجنوب بفعل ملامسة المغناطيس. . ».

ولكن وليم جيلبرت William Gilbert هو الذي ميَّز بوضوح بين الكهرباء والمغناطيس، تمييزاً ظل بعد ذلك مستقراً في العلم. ثم ان الكهرمان ليس هو الجسم الوحيد الذي يمكن ان يتكهرب، برأي جيلبرت. ان اكتشافه الرئيسي مكنه منه اختراعه لأول الكتروسكوب .

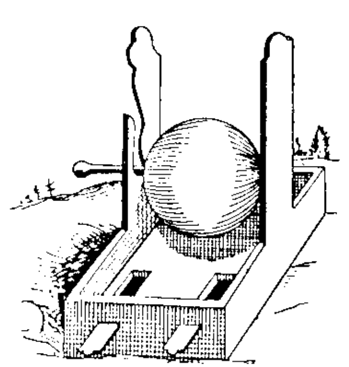
« اصنع بنفسك ابرة متحركة، من اي معدن كان، بطول ثلاثة او اربعة اصابع، خفيفة على محورها مثل البوصلة . من رأس هذه الابرة قرب قطعة كهرمان او اي شبه معدن محكوك قليلاً، لماعاً ومصقولاً : وفي الحال تنحرف الابرة ».

وبعدها ميز جيلبرت بين الاجسام فقسمها الى اجسام « كهربائية » واجسام « غير كهربائية ». ان الجذب الكهربائي بالنسبة اليه، يختلف في طبيعته عن الجذب المغناطيسي. ان هذا الاخير يعود الى « نوع » الجسم اما الجذب الكهربائي فيعود الى « مادة » الجسم المكهرب، والتفسير الذي يقدمه تفسير غريب ولكنه يميِّز ذلك العصر . كل الأجسام تنزع الى الوحدة : ان التصعّدات المثارة بفعل الحك تجر الأقذية نحو الجسم المتكهرب ، عند عودتها اليه . انها ظاهرة شعرية فعلية ويشبهها جيلبرت بجذب الأجسام الصغيرة الموضوعة على سطح الماء .

ولكي يفسر ديكارت الجذب الكهربائي، فانه يستبعد تفسير جيلبرت بواسطة الشعيرية

Capillarité ولكن طريقته ليست افضل. ان المادة اللطيفة التي تنفذ في الجسم الكهربائي تخلق فيه نوعاً من الشُريْطات ان السبب هو في أنّه عند حك الزجاج بقوة ، حتى يسخن قليلاً ، تطرد هذه الشريطات خارج مسامه بفعل هذا الحك ، والتي تضطر الى الذهاب نحو الهواء ونحو الجسيمات الأخرى المجاورة ، حيث لا تجد مسامات تستقبلها ، فترتدّ حالاً الى الزجاج ، وترد معها القش من الأجسام الصغيرة حتى تلامس المسامات في الزجاج » .

لقد حقق روبربويل ، في الكهرباء بعض التجارب المهمة التي أتاحت ، بشكل خاص ، ولأول مرة ، تناظر Reciprocité الجاذبيات الكهربائية ، ذلك أن الجسمين المحكوكين أحدهما بالآخر ، يتجاذبان بالتناظر (دوجات) . أما بشأن تفسير الظاهرة ، فقد أبدى نفس الحذر كما في موضوع التدفقات Effuvesالمغناطيسية . لقد أخذ عن نظريات كابو ، وديجبي ، وغاسندي ، وديكارت (وقد بدت له مؤسسة على الخطأ) ، إلا أنه هو ظل انتقائياً Eclectique ، منذ اللحظة التي شرع فيها باختبار فرضية ميكانيكية ، بفعل « انبثاق مادي لجسم جاذب » ، متناسياً الفيزياء القديمة القائمة على النوعية .



صورة 32 ـ آلة أوتو غريك الكهربائية . (أ. فون غريك اكسبريمانتا نوفا ، ماغدبورغ ، 1672 ، ص 148، صورة V)

وربما استطاعت الكهرباء بفضل « التجارب الجديدة » (اكسبريمانتا نوفا Experimenta nova، 1672)، وهو كتاب وضعه اوتو غريك Otto de Guericke، ان تخطو خطوة جبارة. فقد صنع هذا المؤلف اول آلة كهربائية في « الكهرباء الستاتيك »، كتلة من الكبريت« بحجم رأس ولد »، تحك باليد، او تثبت فوق محور يدور بها. ووضع تحت المحكات (Rognures) ورقات مختلفة الاشكال، من الذهب والفضة والورق، ومختلف البقايا، تم بعد لمس الكرة بيد ناشفة جداً ، يجري حكها بدورتين او ثلاث دورات او اكثر (صورة 32). « وبضربة واحدة، من خلال سلسلة من الملاحظات قام بسلسلة كاملة من الاكتشافات الرئيسية » (ي . بوير)E.Bauer . ولم يكن اوتوغريك الا ليلاحظ النتائج الحاصلة اثناء التجارب العرضية، دون ان يجرب تجريب المتقصد الهادف الى بحث محدد.

وهكذا لاحظ ان الكرة « جذبت كل هذه البقايا ، واخذتها معها في دورانها. . . ان هذه الكرة لم تجذب فقط بل ايضاً دفعت فيها بعد الاجسام الصغيرة. . ولم تعد تجذبها من جديد ما لم تكن قد لامست جسماً آخر. . الخ » .

ولكن للاسف، اذا كان اوتوغريك Otto de Guericke قد وصف بدقة كل هذه الملاحظات، وغيرها من الملاحظات المتعلقة بالظاهرات الكهربائية المهمة جداً ، إلا أنه لم يضع حولها اية نظرية . ولم

يشكل أي مفهوم أساسي من مفاهيم الكهرباء ، التي صاغها غراي Gray و دوفاي Dufay ، بعد حوالي خمسين سنة ، انطلاقاً من نفس الأحداث .

هذا العرض السريع لمعارف القرن 17 في الكهرباء يدل كم كان انتاج هذا القرن، في هذا المجال، بدائياً. ان الكهرباء لم تعد، ابداً ، ظاهرة فريدة واستثنائية، ولكنها لم تكن الا موضوع دراسات تجريبية .

الفصل السادس :
كيمياء المبادىء

I ـ بحثاً عن مبدأ كوني

استعيدت افكار بارسلس Paracelse حول الجوهر البعيد للمادة (Quintessence) ثم شرحت من قبل كل كيميائيي القرن 17 تقريباً . وهكذا سرعان ما تحورت بسرعة وادت الى فكرة عامل كوني، مسؤول عن كل التفاعلات الكيميائية . وجوهر تاريخ الكيمياء في القرن 17 يكمن في هذا التطور.

وان تفحصنا عن قرب كل النظريات التي ظهرت قبل ستاهل Stahl، فلا نستطيع الا ان نتأثر باختلاف وتشتت المفاهيم المتكونة . ان المبادىء الثلاثة المباشرة التي اوردها باراسلس Paracelse قد وجدت لنفسها مكاناً الى جانب العناصر المأخوذة عن المشائين Peripatéticiens . ولكن، فضلاً عن ذلك، ان مفهوم الجوهر Quintissence كان مهيمناً على كل شيء ، دون ان يجد له مبرراً في أيٍ من النظامين .

وفيما بعد تغيرت طبيعة ووظيفة الجوهر انما دون ان تتأثر المفاهيم الاخرى الباقية .

ان الجوهر كان في الاساس مكوناً بعيداً للمعادن . فكل معدن له جوهره الخاص، ولكن التطور الطبيعي للمعادن يؤهلها جميعاً لتصبح ذهباً . وكان الكيميائيون الباراسلسيون، يقولون ذاتياً، وموضوعياً بوجود مكون كوني شامل للمادة، على الاقل كنهاية مطاف .

ويبدو ان وجود كائن كيميائي كوني قد سيطر على فكر الكيميائيين حتى ستاهل Stahl هذا الكائن بدا اولاً مكوناً نهائياً، ثم نراه قد ازدوج مع عامل مسؤول عن تحويل المظاهر الفيزيائية للاجسام . وفي النهاية يندمج هذان الموجودان وينطفئان تاركين المجال امام مبدأ كوني من التفاعلات الكيميائية .

ڤان هلمونت Helmont والتجريب ـ كان جان باتيست ڤان هلمونت Jean – Baptiste Van Helmont (1644 – 1577) اول كيميائي اطلق هذا التطور في الافكار . بعد دراسات في جامعة لوفان Louvain، وبعد عدة سنوات من السفر، استقر فان هلمونت Van Helmont في منطقة قريبة

من بروكسل هي فيلفورد ، حيث كرس نفسه طيلة بقية حياته لبحوث في الكيمياء وعلم الألعاب النارية والطب . وقد مارس الطب لغايات احسانية . ونشر عدة كتب في الطب ، وخصص واحداً منها للمغناطيسية الحيوانية . وقد جر عليه هذا الكتاب الحكم من « المكتب المقدس » Saint-Office .

وفي العديد من هذه الكتب عالج الكيمياء . ثم جمع تصوراته المختلفة في كتاب صدر بعد موته « اورتوس ميديسينا » الذي صدرت اول طبعة منه سنة 1648. واعيد طبع الكتاب عدة مرات . ثم ترجم الى الفرنسية والى الانكليزية ، وقرأه جميع الكيميائيين في القرن 17 .

كان فان هلمونت Van Helmont مجرباً ومفكراً ، وعلّم شكلاً جديداً في النظر الى مسائل الكيمياء ، ولكن يبدو جيداً ان اهمية اسلوبه التجريبي قد بولغ في تقديرها. واذا كانت نظريتهُ قد ارتكزت على ملاحظات جيدة العناية، الا انه لم يقدم نموذج طريقة دقيقة. ان مبادىء مثل هذه الطريقة قد لاقت صعوبات كثيرة لكي تدخل في مجال البحث الكيميائي واذا كان كيميائيو القرن 17 قد مارسوا، باكراً، الملاحظة النوعية للظاهرات، وبشكل مرضٍ ، الا انهم لم يعرفوا ممارسة الملاحظة الكمية. ان تجارب فان هلمونت، وفيما بعد، تجارب روبير بويل كانت مشوبة بهذا الشأن بتغيرات خطيرة .

والتجربة الاشهر عند فان هلمونت هي تجربة تنمية نبتة صغيرة من الصفصاف عزاها الى ماء المطر، حيث ظل يسقيها منه طيلة خمس سنوات(1)، . وقد راقب طويلاً تفاعلات تكلس المعادن والأملاح، وخاصة ملح البارود Salpêtre ، واحتراق الفحم والكبريت ، والتخمر . من هذه الأعمال خرجت فلسفة شخصية حول المادة .

الماء مبدأ مادي ـ هذه النظرية ترفض العناصر الاربعة المشائية، كما ترفض العناصر الخمسة الباراسلسية. كان فان هلمونت مدفوعاً بفكر ديني عميق، فلم يستطع تقبل تعاليم الفلاسفة الوثنيين من العصور القديمة فضلاً عن ذلك ان وجود العناصر الاربعة الاساسية كانت تكذبه التجربة. فالنار مثلاً لا يمكن ان تعتبر كعنصر بذاته، بل كعامل تغيير. والدخان هو غاز كاللهب. وهذا الاخير يولد ويزول، وليس له صفة الجسمية اطلاقاً .

وتأمله في حكايات سفر التكوين حمله على الملاحظة بان الماء يلعب فيها دوراً مهماً . ولذا فقد اسند الى الماء وظيفة المبدأ المادي لكل الاشياء . ومثل الصفصافة يبين كيف حاول ان يبرر به هذا لرأي عن طريق التجربة. وكان يظن انه بهذا يقدم الدليل التجريبي على ان الماء يتحول الى خشب، ثم بعد الحرق يصبح فيما بعد رماداً ترابياً . وعرف للماء خاصية التكثف الذاتي، ثم التحول الى اجسام وازنة مثل المعادن. هذه التحولات تتم بتأثير من عوامل ناشطة، مثل الروح Seminal في المعادن. هذه الروح او المبدأ Seminal ليست ابتداعاً من الطبيب الفلمنكي. فذكر هذا المبدأ ورد في النصوص

(1) انظر الفصل 4 من الكتاب 2 ، من القسم الثاني .

القديمة ، وقد ا، تعمله بصورة خاصة باراسلس Paracelse الذي جعله داخلاً في عملية التطور الطبيعي في المعادن .

الالكاهست L'Alcahest - هذا المفهوم اشاد بـه ڤان هلمونت Van Helmont الذي انشأ عاملاً كونياً « الالكاهست » L'alcahest. والنصوص الغامضة قليلاً لمؤلفه توحي بانـه احتفظ لنفسه بكمية صغيرة من هذا المذيب الكوني، دون ان يؤكد على ذلك. ولم يحتفظ منه لمدة طويلة كافية لكي ينفذ عليه كل تجاربه .

وقد ولدت فضائل الالكاهست اعتراضاً مبطلاً تحت قلم بعض المعلّقين . فإذا كانت المعادن كلها تذوب بمفعوله، فمن المفروض ان تذوب القنينة التي تحتويه. واذاً فهو غير قابل للمسك، ولهذا لم يستطع ڤان هلمونت ان يحتفظ بجزء منه في تصرفه. وان هو لم يعرفه، فان قوة تأكيداته سوف تضعف وتتوهن. واذا كان بعض الكتاب امثال غلوبير Glaubert وبيشر Becher قد تجـاوزوا هذا الاعتراض فان غالبية الآخرين قد وقفوا متحفظين تجاه الالكاهست. وبعضهم، مثل غلازر Glaser، يذكرونه ولكنهم ينفون معالجتهم له ، وآخرون مجرد وجوده. يقول اتمولر Ettmuller بشأنه: انه غراب ابيض.الا ان القلة من العلماء اعتقدت بانها لا يمكن ان تسمح لنفسها باغفال ذكره تماماً .

« **الغاز** »، **روح سلفستر** - **Sylvestre** - في كتابات ڤان هلمونت Van Helmont يُوجد ايضاً مفهوم عرف طريقه الى الشيوع فيما بعد هو مفهوم « الغاز ». والكلمة هي من صنع الطبيب الفلمنكي بالذات. فهو قد صاغها كما صاغ كلمة « الكاهست»، من أصل مجهول، واصبحت مألوفة في اسماع وفي انظار معاصريه لانها تشير الى الكلمة الالمانية التي تعني « الـروح ». وهكذا اعتمـدت من قبل الجميع. وقد سبق ان اوضحنا اعلاه المعنى المحدد جداً الذي أعطي لها يومئذٍ .

واستعمل فان هلمـونت نفسه كلمـة « روح » لكي يعرف الغـاز انها روح متوحشـة، لا يمكن تكثيفها. ولا يمكننا التأكيد بـانه عـرف وجود عـدة غازات. ويبـدو، بصورة اولى، ان كـل الاجسام الهوائية الشكـل المنتشرة في الهـواء قد اعتبـرت كغاز واحـد، له خصـائص متنوعـة تختلف باختـلاف الظروف.

والغاز قد يكون قابلاً للاشتعـال، ولكن المقصود عنـد ڤان هلمـونت هو غـاز آخر يختلف عن الهيدروجين الذي نعرفه نحن. اذ معه وجدت غازات اخرى، كالتي تحصل بفعل تقطير المواد النباتية - هي ايضاً قابلة للاشتعال. ويحدث « الغاز » ايضاً بفعل التخمير، وبفعل الحوامض على الكاربونـات وبفعل تفكك الاملاح بالحرارة. كل هذه التشكيلة تبدو مخلوطة مع مـوجود وحيـد يتكون من المـاء. فبخار الماء المكثّف يعطي الماء ، ونلاحظ وجود تكثيف لزج في أغلبية التفاعلات التي تتسبب بولادة الغاز .

ثم ان الغاز لا يمكن ان يلتبس مع الهواء. فهذا الاخير يبقى في نظر ڤان هلمونت احد العناصر التي لا يمكن ضغطها. الوحيد الى جانب المياه، ولكنه لا يدخل كالماء في تركيب المادة. والهواء غير قابل

للتحويل الى ماء، وكذلك الماء لا يتحول الى هواء، وتكثف بخار الماء يدل على ذلك؛ لاننا نجد الهواء من جهة والماء السائل من جهة اخرى. ولكن الهواء يمكن ان يتحول ان اتحد مع المواد المتطيرة ليعطي «الغاز». ولكن عندما يتلف الغاز يظل غير متغير. ولكن بخلاف فكرة كانت محسوسة منذ زمن بعيد، ان لم تكن مصاغة، وقد فرضت نفسها ببطء بخلال القرن 17، فان فان هلمونت لم يرَ، على ما يبدو، ان الهواء يدخل، بأي حال، في تفاعلات الاحتراق والتأكسد، ولا يلعب اي دور في التنفس.

وهو لا يتحد الا مع العناصر ذات الشكل الهوائي. ورغم ما فيه من ثغرات، يعتبر التفريق الذي اقره فان هلمونت بين الهواء والغاز، مهماً لانه صيغ لاول مرة فقد بقي الهواء حتى ذلك الحين العنصر الغازي الوحيد، وكانت استقلاليته مطلقة. وكان فان هلمونت اول من شكك في هذا المبدأ.

الا ان هذه الفكرة لم تأخذ انتباه شراحه. وبدت وكأنها لم توثر اطلاقاً في مفاهيم الكيميائيين في القرن السابع عشر. وهذا يعود بدون شك الى كون هؤلاء ومعهم فان هلمونت لم يكونوا يعرفون الوسيلة في الحصول على الغازات والتعامل معها. إذ لم تعرف هذه التقنية الا في وقت متأخر. وبعد ذلك بقليل ضايقت نظرية السائل الناري الكيميائيين عندما حاولوا ان يستخرجوا من ملاحظاتهم الاولى حول الغازات ما يمكن ان توحي به من استنتاجات.

كيمياء الاملاح - اعتمدت افكار فان هلمونت Van Helmont بشكل متفاوت وبعضها مثل نظرية الغاز كان بعيداً جداً عن افكار العصر، فلم يأخذ مكاناً في فكر الكيميائيين. وبعضها الاخر مثل افكار الكاهست «Alcahest»، اصطدم بتحفظ واع، ولكنه كان قريباً جداً من التصور التقليدي بحيث لم يكن الا ليؤثر تأثيراً عميقاً في الاعمال وفي النظريات المستقبلية. فالكاهست كان هدف الكثيرين. ولكن القول بوجود مبدأ عنصر مكون شامل وجد تأييداً كبيراً. ويبدو انه لم يوجد كيميائي او طبيب او فيلسوف قد عاد الى فكرة ان الماء يمكن ان يكون هذا العنصر الاساسي، والجميع فضل البحث عن هذا العنصر من بين الاجسام ذات التفاعل الاكثر حدة والمعروفة بشكل افضل، وان تكن خصائصها ليست مفسرة الا تفسيراً غامضاً. ولهذا كانت الاملاح اهم غايات التجريب. والى حدٍ ما لعبت كيمياء الاملاح في القرن السابع عشر نفس الدور الذي لعبته كيمياء المعادن في القرن الماضي وكيمياء السلفورات في القرون الوسطى.

وانطلقت تأملات الكيميائيين من تفاعلات انفجار البارود الاسود او السالبتر عند ملامستها جسماً قابلا للاشتعال. ونظراً لقوته الحادة على الانفجار اعتبر ملح البارود الابيض (نيتر) كعامل شامل مسؤول ليس فقط عن التفاعلات الكيميائية بل وايضاً عن العديد من الظاهرات الاخرى الطبيعية التي لها بعض الشبه مع بعض خصائص النيتر، حتى ولو لم تكن هذه الظاهرات على اتصال فيما بينها. وفسر هذا التطور، جزئياً، بكون البحث الكيميائي كان يومئذ محصوراً تقريباً بالاطباء، وتضافرت تأثيرات اخرى لابراز تصورات نظرية تبدو غامضة ومشتتة. ولكنها اخذت تبدو اليوم ذات رابط فيما بينها.

اهملت غالبية مؤرخي العلوم هذه المرحلة في الكيمياء، ربما لأنهم نفوا او صدموا بالصفة

الصبيانية (في نظر القارىء العصري فقط) المتجلية في البحوث النظرية التي كانت شائعة في ادب القرن السابع عشر. ومع ذلك فاذا تجاوزنا هذا الموقف المنحاز، وحاولنا فهم روح هذه النصوص وفقاً لاسلوب معاصريها، امكننا امساك الحجج التي قامت عليها امثال هذه المفاهيم. وهذه المفاهيم تصبح اقل بعداً عن العقلانية ان ربطت بمواضيع اعم حول الملاحظة وحول التفسير. فقد اوضحت عدة دراسات حديثة قام بها بصورة خاصة د. مكي D.Mckie، وج. ر. بارتينتون J.R.Partington، وهانري غيرلاك Henry Gurlac، وماري هال بوا Marie Hall – Boas، موقفاً جديداً في معرفتنا لكيمياء القرن السابع عشر، واتاحت هذه الدراسات فهماً افضل لتطور الافكار الذي ادى الى وضع اولى النظريات حول الاحتراق.

النيتر او ملح البارود الابيض في النظريات الكيمائية ـ لقد تعجب المؤرخون في بادىء الامر. من قيام مؤلفين امثال جون مايو John Mayow (1641 – 1679) وروبر هوك Robert Hooke (1635 – 1703) بتسمية، مبدأ الاحتراق والتنفس باسم النيتر الهوائي. وهذه التسمية تنم عن التباس عميق. في حين ان مايو Mayow اعتبر سلفاً عبقرياً للافوازيه، بعد ان اعتبر طيلة اكثر من قرن مجهولاً. واليوم نستطيع توضيح اهمية التسمية.

ان كلمة نيتر Nitre وردت على قلم مايو Mayow لانه كان مستعملا في مجالات كثيرة تقريباً منذ بداية القرن السابع عشر. ان خصائص النيتر كانت معروفة تماماً. فقد استخدمت في الالعاب النارية وصناعة المتفجرات كما استخدمت في الزراعة. واقران قوة النيتر كسماد وقوته كمتفجر كان في اساس الفكرة القائلة بوجود نوع من النيتر في الهواء هو سبب الصواعق والرعود والبروق، كما ان قدرته التخصيبية تظهر في المطر وفي الثلج. فضلاً عن ذلك يبدو ان الكيميائي والفيزيائي الهولندي كورناليس دريبل Cornelis Drebbel نجح في اعداد غاز ينشط التنفس، وهو الاوكسيجين، عن طريق تحليل وتفكيك النيتر. وقد دلل على الاقل انه يستطيع بهذا الاسلوب جعل جو الباخرة الغواصة قابلاً لان يعاش به. وذكر بويل Boyle هذا الحدث سنة 1660 عندما عرض افكاره حول التنفس. ودون ان نستطيع توضيح الظروف بصورة ادق، اصبح النيتر عنصراً كونياً. حتى قال ن. لوفيفر: «الشمس هي التي تولد النيتر».

وقد لاحظ الاطباء والكيميائيون من زمن بعيد ان وجود الهواء ضروري من اجل التنفس والاشتعال. هذه الفكرة التي وردت بدون ابهام في نصوص من مطلع القرن السابع عشر، وقد استعيدت كثيراً، كانت قسماً من ارث مشترك غير مجادل به منذ زمن بعيد. واعطاها روبر بويل Robert Boyle (1627 ـ 1691) وضوحاً اكبر. وخلال البحوث التي اجراها بواسطة المضخة الهوائية الماصة التي ابتكرها وصنعها بمساعدة هوك، لاحظ ان جسماً شديد الاشتعال مثل الكبريت لا يلتهب في الفراغ، في حين ان الجسم المشتعل ينطفىء فيه وان الحيوان لا يعيش طويلاً بدون هواء.

لاحظ اوتو غريك Otto de Guericke ان الجسم المشتعل ينطفىء داخل غرفة مقفلة. وقد وصفت تجاربه من قبل اليسوعي كاسبار سكوت Kaspar Schott سنة 1657، وبدأ بويل Boyle

بحوثه الخاصة منذ السنة التالية وعاد اليها بعدة مناسبات. وخلال السنوات التي تلت اهتم عدة مؤلفين بهذه التجارب وقدموا عنها شروحات بينت، بشكل وبآخر اهمية وجود الهواء. وتكلم هوك عن هذه الظاهرات في مداخلات عدة وفي كتابه ميكروغرافيا المنشور سنة 1665. وقدم جون مايو John Mayow اول نظرية حول التنفس سنة 1668 في كتاب سماه تراكتاتوس ديو Tractatus Duo خصص القسم الاول منه لهذا الموضوع ثم عرض وجهات نظره حول التنفس والاشتعال سنة 1674 في كتاب اسمه تراكتاتوس كينك Tractatus quinque . . .

وقد ادخل اكثر هؤلاء الكتاب عاملاً خاصاً موجوداً في الهواء شبهوه بالنيتر: وسماه بويل Boyle النيتر الطيار. واعتبره هوك Hooke كمادة تشبه المادة الموجودة في السالبيتر او ملح البارود، ان لم يعتبره نفس المادة. واخيراً قال مايو Mayow ان الهواء يتضمن جزيئات نيترية هوائية. وسوف نعود الى هذه النظريات. اما الان فنتابع تشكل وتطور هذه الفكرة فكرة العنصر المنتشر كونياً والمسؤول عن كل التفاعلات.

وفي نظر الكيميائيين في الحقبة الواقعة بين 1660 و1675 تقريباً لم يعد النيتر الموجود في الهواء «غازا» بالمعنى الذي فهمه فان هلمونت Van Helmont بل ملحاً. لا شك ان القصد لم يكن جسماً ملحياً بالمعنى الصحيح بل اثيراً ذا طبيعة ملحية يستخرج من اصل يسميه باراسلس Paracelse ملحاً. وكان الطبيب الالماني إتمولر Ettmuller يعرف في تلك الحقبة ملحاً «منتشراً في تكوين العالم عبر الكون يسمى بالعامية روح الكون عندما يختلط في الهواء». ويضيف: «ان الملح الكوني يولد في مختلف اصول الاشياء ملحاً خاصاً له شكلان او نوعان: الاسيد او الحامض ثم القلوي».

التضاد بين الحامض والقلوي ـ هذه الفكرة تتوافق تماماً مع الافكار التي كانت مقبولة عموماً. ويجب ان لا يبرز بسرعة التناقض الظاهر في العامل الفريد الذي يفتش عنه كل الكيميائيين، وبين ثنائية الحامض والقلوي. يقول إتمولر Ettmuller بصراحة ان الاخيرين يولدهما الكيميائيون وكل واحد منهم يوقع بصراحة على توكيداته. فالملح الذي كان يمكن ان يكون عاملاً سلبياً يصبح خميرة ناشطة بفضل التضاد بين الحامض والقلوي.

والمكانة التي احتلها هذا التضاد في نظريات آخر القرن السابع عشر، تتميز بالفكر الكيميائي السائد في ذلك الحين. وعملية التحييد او التعطيل، الذي تحدث احياناً مقرونة بالفوران، مع تصاعد حراري دائماً، هذه التفاعلية توحي بصور عن معركة وعن تداخل متبادل وهذه الصور تتوافق تماماً مع التفسيرات الميكانيكية لظاهرات طبيعية سادت بعد موت ديكارت.

يعزى عموماً الى نيكولا ليميري (1645-1715) Nicolas Lémery ابوة هذه التفسيرات التي في الواقع نجدها عند الكثيرين من المؤلفين الذين سبقوا هذا الاستاذ الشهير.

في كتاب لكريستوف غلازر Christophe Glaser اسمه كتاب الكيمياء، كتبه سنة 1663، يصف هذا المؤلف مختلف العمليات التي تتيح «فتح المختلطات»، وبقية الكتب في نفس الحقبة كتبت

بنفس العقلية . فقد نشر كيميائيون كثيرون دراسات صغيرة مخصصة بالحامض وبالقلوى. وفي سنة 1672 قام طبيب من كين اسمه سان اندري Saint André يؤكد ان المباديء الثلاثة الباراسلسلية كانت متكونة من مبدأين اخرين أبسطهما الملح الاسيد والملح الحد او القلوي. يقول : « الملح الحد هو جسم بسيط ناعم الصورة يتخمر مع القلويات ويشكل روح كل المركبات. والملح الحد هو ملح بسيط مجوف يتخمر مع الاسيد (الحوامض)، ويترسب منه الفيتريول او سلفات الحديد في الماء » .

وفسر ظاهرة التحيد او التعطيل كما يلي : « ان حبيبات الحوامض تشبه في كبرها وفي صورتها ثقوب القلويات فتملأها تماماً بحيث ان اي حامض جديد لا يجد فيها اية مسامة فارغة تستطيع ان توقف حركته. وعندئذٍ يعمل هذا الحامض بقوة وعنف بحيث يستبعد الاجزاء المندمجة في هذه الاجسام بعضها ببعض. فيدفع بعضها الى جهة، وبعضها الاخر الى جهة اخرى. ولا يتوقف عن تحريكها وعن خضها الا اذا فصل عنها » .

كل وصف هذا المؤلف يرتكز على مثل هذه البراهين. وربما كانت هذه خاصة به. الا ان الكثير من زملائه اوردوا شبيهات لهذا الوصف في نفس الحقبة. ولم يكن ليميري Lémery، الذي نشر كتابه عن الكيمياء لاول مرة سنة 1675، هو مؤلفه، كما انه لم يكن اول كيميائي يعلم ويكتب بالفرنسية.

كتب الكيمياء ـ ان الاهمية التاريخية التي تسند بوجه عام الى ليميري Lémery مبالغ فيها. وترتكز هذه الاهمية على المديح الذي خصه به فونتانيل Fontenelle. فقد عمد هذا المؤرخ الشهير في الاكاديمية الفرنسية الى الاشادة بذكر ليميري Lémery، واسند اليه كل الوضوح الذي دخل على الكيمياء في تلك الحقبة. وقد قارن كتاباته السهلة الواضحة باللغة غير المفهومة عند غلازر Glaser. وقد اعتمد ج. ب. دوماس J.B.Dumas بعد قرن من الزمن حكم فونتانيل Fontenelle دون تمحيص وتثبت .

والواقع ان كتب الكيمياء والمحاضرات التي نشرت قبل ليميري Lémery هي ايضاً واضحة وكاملة مثل كتبه، وخاصة على الاقل كتب النصف الثاني من القرن. وكانت هذه الكتب كثيرة العدد. وكانت الصفة العملية الغالبة في الكيمياء التطبيقية والمطبقة على الطب وعلى الصيدلة ، تجعل من هذه الكتب مواضيع سهلة البيع والقليل منها لم يعد طبعه عدة مرات ولم يترجم الى لغة اجنبية. واحد اقدم هذه الكتب حرر حوالي (1610 — 1612) من قبل جان بيغين Jean Béguin، مرشد الملك. وقد ترجم عن اللاتينية وعدل به قبل موته ونشر سنة 1615 باسم عناصر الكيمياء . وفيه عرف بيغين الكيمياء بانها فن تحضير الادوية بحيث تكون اطيب مذاقاً وأكثر شفاءً وأقل خطراً.

واعطى باراسلس Paracelse نفسه للكيمياء تعريفاً اكثر حداثة واخذ غلازر Glaser هذا التعريف سنة 1663 بتعابير قريبة جداً : « الكيمياء هي فن علمي به نتعلم تذويب الاجسام لاستخلاص الجواهر المختلفة منها والموجودة فيها، لاعادة جمعها وتجميعها لنجعل منها أجساماً فعالة » .

كان كريستوف غلازر Christophe Glaser (1628 — 1672 ؟)استاذاً للكيمياء في بستان

الملك. وقد خلف في هذا المنصب نيكيز لوفيفر 1610 – 1669 Nicaise Lefebvre. وكان هذا الاخير ايضاً صاحب كتاب في الكيمياء اتخذ نموذجاً لكل الكتب التي جاءت بعده. وعلى العموم، كانت هذه الكتب مؤلفة من اربعة اقسام مفصولة عن بعضها نوعاً ما. في العموميات كان الكاتب يعرض القسم النظري، ويصف الاوعية والافران والاطيان والعمليات المخبرية المتنوعة. ثم يخصص اساس الكتاب للمعادن واشباهها ومشتقاتها. وبعدها يخصص قسماً اقصر للمستحضرات المستخرجة من النباتات. اما القسم الاخير، والموجز فيخصص للمستحضرات المأخوذة من الحيوانات.

وكان يساعد على نجاح هذه الكتب، نجاح التعليم. فقد كانت الكيمياء تعلم منذ قرن في كل كليات الطب. ولهذا اخذ عدد الكيميائيين يتزايد مما ساعد على تقدم العلم.

توحيد التسميات او الجداول ـ منذ ان يألف قارىء اليوم لغة القرن السابع عشر، فانه يستطيع بدون جهد، قراءة كتب ذلك الزمن، وهذا الاعتياد ليس صعباً لان التسميات قد توحدت بفعل الاستعمال ولم تكن تتضمن في ذلك الوقت كلمة عامة تدل بشكل منهجي على كل فئة من الاجسام. فكلمة أسيد وكلمة قلوي كانتا شائعتين في الاستعمال. وكان هناك القلوي الثابت مثل السودا والبوتاس والقلوي المتطير مثل الامونياك.

اما الحوامض او الأسيد فكانت تسمى بالارواح. وكلمة كلس وتراب اخذت تطلق على الاوكسيدات اما كلمة فيتريول فتشمل كل السلفات. ونجد ايضاً كلمة « ريغول » للدلالة على الاثمد وعلى الزرنيخ غير المخلوطين بغيرهما. وتطلق كلمة زهرة على المستحضرات المسحوقة التي يحصل عليها بالتكرير مثل الكبريت او بعض الاوكسيدات. اما كلمة بلسم فتطلق على مستحضرات اكثر تعقيداً.

وكانت هناك ثغرات ما تزال كما كان يوجد تفارق في التسميات، وهذا التفارق ناتج عن رغبة كل مؤلف في الكشف عن تحضير دواء جديد. وفي كل كتاب، كانت اوصاف الاجسام والاساليب في تحضيرها متبوعة بشروحات طبية وفرمشانية. وكانت هذه التفصيلات تزيد في غموض النص. ولهذا كانت الكتب الاكثر وضوحاً هي التي كتبت من قبل مؤلفين لم يكونوا فرمشانيين او صيادلة مثل كتابات تيبوت اللوريني Thibaut le Lorrain او مات فافور Matte la Faveur، وكلاهما مقطر وشارح للكيمياء.

تعريف الاسيدات ـ يلاحظ القارىء، في كل هذه الكتابات الدقة المكتسبة حول طبيعة وخصائص الاسيدات ،ان عدد الاسيدات المعروفة لم يزدد. ولكن اسلوب تحضيرها قد استقر، وان كان التحضير قد قصر يومئذ على مستحضرات مخبرية لا منتوجات صناعية.

ويذكر ان الماء الثقيل يتميز في اغلب الاحيان عن الاسيد نيتريك، فالكلمة الاولى كانت يومئذ تستعمل للدلالة على الماء الملكي (الذي يحلل به الذهب) (وهو مزيج من آسيد نيتريك واسيد كلوريدريك). اما روح الفيتريول. او اسيد سلفيريك، فيتميز عن زيت الفيتريول الذي يتوافق مع ما يسمى اليوم او الاوليوم، اذا اخذنا بعرض وسائل انتاجه.

كل ذلك يفسر كيف ولماذا تثبت الميل الى اعتبار الآسيد كعامل شامل. ورغم ان هذا التصور قد استقبل استقبالاً حسناً، الا ان نجاحه كان قصير الامد. ويبدو انه قد ساد طيلة حوالي عشرين سنة. لا شك ان اعتراضات بويل Boyle قد عملت كثيراً لتحد من تقدمه.

لقد بين العالم الانكليزي الكبير كم كان تعريف الآسيدات غير كافٍ. ان هذه كانت تتميز بغليانها عند ملامسة القلويات، التي كانت هي ايضاً تعرف بنفس المظهر عند ملامسة الاسيدات. وقد قطع بويل هذه الحلقة عندما اكتشف شراب الفيوليت (البنفسج) يتغير لونه بحسب ما اذا مزج بالآسيد او بالقلوي. وهكذا ادخل في التحليل الكيميائي استعمال المؤشرات الملّونة. واعطى ايضاً الوسيلة لمعرفة املاح النحاس والحديد والفضة بواسطة تفاعلات ملونة او بواسطة ترسبات. وبين ان الاسيدات قابلة للتفكك وان الاسيد لا يمكن ان يكون لا عاملاً شاملاً ولا عنصراً شاملاً.

فضلاً عن ذلك لم تكن البراهين لتفوت فكراً نيراً، ليبين ان عدداً كبيراً من الاجسام لا يحتوي اي آسيد

مفاهيم روبير بويل Robert Boyle ـ شملت انتقادات روبير بويل المفاهيم المقبولة نظريات المشائين ونظريات باراسلس Paracelse. وكما فان هلمونت Van Helmont انكر بويل على النار كل صفة جسمانية، ورد المفهوم القائل بان المبادىء الثلاثة الاخرى يمكن ان تكون الوحيدة المكونة للمادة. وفيما خص المبادىء الثلاثة حرص على تبيين مدى غموض هذه المفاهيم ومدى الاختلاف في تفسيرها. والتعريف غير الواضح للمبادىء يترك دائماً مجالاً للشك في طبيعة المبدأ الذي يقول به الكيميائي. ويكون عدم اليقين مزدوجاً. من جهة من الصعب معرفة ما يفصل المبدأ غير الجسدي والجسم المادي المسمى بنفس الاسم، ومن جهة اخرى اسناد الصفات (التبخرية، اللون، الخ) الى مبادىء تختلف باختلاف المؤلفين. واخيراً لا نمتلك اي اثبات، تجريبي او ميتافيزيكي يثبت ان المركبات يمكن ان تتحلل الى هذه المبادىء الثلاثة او الى واحد منها.

عرف بوال الاجسام البسيطة والبدائية كتلك التي تتكون منها المركبات (او الخلائط) والتي تشكل الكلمة النهائية كلمة (حل). ان هذا التعريف له الكثير من الشبه الظاهر مع التعريف الذي وضع بعد ذلك بخمس وعشرين سنة من قبل لافوازيه Lavoisier. الواقع، في ذهن بوال Boyle، ان هذا التعريف يمثل، بصورة اولى استنتاجاً شفوياً، يرتكز على بعض الملاحظات الاجمالية لا على التبيين التجريبي.

ان هذا التعريف يتعارض بصورة خاصة مع المفاهيم السكولاستيكية القديمة والباراسلسية، ولكنه يبدو اكثر قرباً الى افكار فان هلمونتVan Helmont، منه الى افكار لافوازيه Lavoisier.

ولكن لا يمكن ربط مفاهيم الفيزيائي الانكليزي بمفاهيم الطبيب الفلمنكي. إذا كان بوال Boyle يلمح ولا يؤكد، الى وجوب وجود نوع من الوحدة في المادة، فانه مأخوذ بفلسفة ميكانيكية للطبيعة تقتضي تركيباً جسيمياً للمادة. ان الاجسام البسيطة هي التي تشكل الاجسام المركبة، حسب

قوله ، ولكن هذا لا يثبت أن كل ما يمكن استخراجه من المركب بالنار أو بأية وسيلة أخرى كان موجوداً فيه بفعل سبق التكوين. وكذلك أنه من غير المؤكد أن تفكيك المركب يعطي دائماً نفس الأجسام البسيطة ، ان استعملت عوامل تفكيك مختلفة . وهكذا في ذهن بويل Boyle يعتبر مفهوم العنصر ، وهو الحد النهائي عند التفكك الكيميائي ، قديماً من الناحية الميتافيزيكية . ان الاختلاف في ترتيب الجزيئات ، وتنوع حركتها يمكن أن يعطي للعناصر مظاهر مختلفة .

وكانت منشورات بويل حول مواضيع الكيمياء متعددة نوعاً ما. ولكن جوهر أفكاره موجود في كتابه الرئيسي « الكيميائي المتشكك » المنشور لاول مرة في اوكسفورد Oxford سنة 1661 .

II ـ نظرية الفلوجستيك أو السائل الناري

كانت كتابات بويل Boyle مقروءة جداً وموضوع نقاش حماسي. ورغم أن الأفكار التي قدمتها هذه الكتابات والانتقادات التي وجهتها الى الانظمة القديمة، قد قبلت لدى عدد كبير من المعاصرين، الا انها لم تكف لردع الكيميائيين عن السعي الى ايجاد عامل كوني معترف به بالاجماع. ومرة اخرى جاءت المفاهيم الجديدة تنضاف الى القديمة ولكن الرغبة لم تخف حدتها بهذا الشأن.

التكوين الجسيمي للمادة ـ ان المنازعات التي شغلت اواخر القرن 17 والسنوات الاولى من القرن 18 لم تتناول كثيراً اسس نظريات ارسطو ونظريات باراسلس Paracelse، كما ارادها بويل، بل تناولت التكوين الجسيمي للمادة، وتفسيرات التفاعلات، وبصورة رئيسية تأثير الاسس (القواعد Bases) على الاسيدات. هذه المناقشات الطويلة كان من نتيجتها تزكية المفهوم الجسيمي. عموماً، مما اتاح ادخال فكرة التجاذب الذي سوف نذكر تاريخه. ولكنها اغفلت عدداً كبيراً من المسائل التي اثارها وجود الذرات. لقد تميزت هذه الحقبة بجهود كبرى تخيلية من اجل وضع الرسيمات التمثيلية الاكثر تنوعاً ؛ الا ان اياً منها لم يستجمع الموافقة العامة. ولن ندخل في تفصيلات هذه البحوث التي تدخل في تاريخ النظريات الميتافيزيكية حول المادة اكثر مما تدخل في نظرية تقدم الكيمياء

ولكن تجدر الاشارة الى ان هذه النظريات كان لها تأثير كبير على الكيمياء. فهي بتعويدها الاذهان على تعريف معين للذرة، وبترسيخها مبدأ عدم تحطم الذرة، وثبوتها وخصوصيتها، قد اعدت الاذهان لمجيء فكرة الجسم البسيط التي صاغها لافوازيه Lavoisier في سنة 1780، ولمجيء النظرية الذرية الحديثة كما عرضها دالتون Dalton حوالي 1805 .

ظهور الفلوجيستيك او السائل الناري ـ في الوقت الذي كانت تجري فيه هذه المناقضات، وتزدهر الكتابات حول بنية المادة، ادخل حدث مهم الوحدة المبتغاة جداً في نظرية الكيمياء : لقد اخترع ستاهل نظرية السائل الناري.

ان الفكرة القائلة بان العامل الكوني لا يمكن ان يكون الا مبدأ النار، صاغها الكيميائي الالماني ج. يواكيم بيشر J. Joachim Becher 1635-1682 . قال هذا الأخير بوجود مكونين للمادة: الماء

والتراب. ولكنه ميز بين ثلاثة انواع من التربة، التربة الزجاجية والتربة المادية والتربة المشتعلة. واعطى ستاهل Stahl لهذه الاخيرة اسم فلوجيستيك. ولولا قيام ستاهل Stahl 1703 بتطوير فكرة الفلوجيستيك، وقيامه ايضاً باعادة طبع كتاب « فيزيكا سب تّرانا » الذي كتبه معلمه ثم كتاب سبسيمن بيشيريانوم Specimen Beccherianum الذي يحتوي اساس نظرية بيشر Becher، لبقيت كتابات هذا الاخير مجهولة تقريباً.

كان جورج ارنست ستاهل George Ernst Stahl طبيباً وكيميائياً 1660 – 1734. وقد علم في جامعة هال Hale. واوجد في الطب نظرية الاحيائية التي لاقت نجاحاً عظيماً. وكان موهوباً في رؤاه التركيبية التي عرضها في العديد من كتاباته بحماس وبعجلة قليلة. وكان يكتب مثل الكثيرين من مواطنيه باللاتينية وبالالمانية مختلطتين في جمله الطويلة جداً في بعض الاحيان. وظهر عرضه الاول لنظرية الفلوجيستيك سنة 1697 في كتاب اسمه اكسبريمنتا Experimenta . . . وقد وسع النظرية في عدة كتب نشرت بخلال السنوات الخمس والعشرين اللاحقة. ولكن افكاره لم تعرف الا من خلال كتب شراحه ومنهم جنكر Juncker في المانيا وسيناك Sènac في فرنسا.

ويجب ان لا يخلط بين الفلوجيستيك Phlogistique او النار المبدأ، والنار المرئية، او ان امكن القول النار المادية، التي تظهر باللهب وبالحرارة عند الاحتراق. ان الفلوجيستيك هو عنصر غير قابل للوزن او الاحاطة. وهو موجود في كل الاجسام القابلة للاشتعال مثل الكبريت والفحم والزيوت، وفيما بعد الفوسفور واثناء الاشتعال ينفصل عن هذه الاجسام. وخسارة الاجسام المحترقة للفلوجيستيك هي السبب في تغير خصائصها. من ذلك آن الكبريت اذا حرم من فلوجيستيكه بالحرق يعطي الاسيد الفيتريولي، والزيوت تعطي الماء وبعض البقايا التي هي زيت محروم من فلوجيستيكه. وحرق الزيوت والنباتات يسبب ظهور الفحم، والشحار الدخاني او فحم الخشب. ان الفلوجيستيك الموجود في الجسم المشتعل قد تجمع في الفحم. ولما كان الفحم يزول عند احتراقه تماماً، فمن المعقول اعتباره وكانه متكون بكليته من الفلوجيستيك. ولم يذهب ستاهل الى القول بان سواد الدخان هو الفلوجيستيك النقي، لأن الفلوجيستيك لا يمكن عزله. ولكن آخرين أشاروا الى هذا بعده وربما لم يناقضهم ستاهل في ذلك.

تكون وتحول الاكلاس المعدنية ـ وابرز ما في النظرية هو المظهر المغلق في تحول المعادن الى كلس، او تراب او اوكسيد، ثم تحول الاكلاس الى معادن. وتكون المعادن اغنى بالفلوجيستيك كلما كانت اسهل تحولاً. والمعادن الكاملة تحتوي القليل منه او تخلو منه تماماً. فاذا تكلسَ المعدن في الهواء يفقد فلوجيستيكه. ووجود الهواء معروف بانه ضروري منذ زمن بعيد لتحول المعدن الى كلس. ويعطي ستاهل لهذا الشرط تفسيراً ميكانيكاً يتلاءم مع عقلية العصر. الهواء يحرك جزيئات الفلوجيستيك وعندما تسرع الحركة ينفصل الفلوجيستيك. وتتم العملية ذاتها في كل الاحتراقات. وفيما بعد طبقت على التنفس.

الا ان تحول المعدن الى كلس يحصل عن طريق الرطوبة، فالمعدن بعد تذويبه في الاسيد

فيتريوتيك، او روح النيتر (اسيد نيتريك) والملح يتكلس فيبقى الكلس المعدني. واثناء هذه التحولات، يتحد جسم مزود بالفلوجيستيك (المعدن) بجسم محروم منه (آسيد). ويتسبب التكلس بذهاب الفلوجيستيك من المركب الذي يتحول بالتالي الى كلس.

وتحول الكلس هو نتيجة استحصاله على فلوجيستيك من الفحم؛ الامر الذي يحيي المعدن. وهناك مهمة برزت في الحال. ان تحول المعدن الى كلس يقترن بزيادة وزن المادّة، اما اعادة احياء المعدن فتقترن بنقص في الوزن. وهناك على ما يبدو تناقض ظاهر مع الواقع القائل بان خسارة الفلوجيستيك تقترن بزيادة الوزن، وتثبيت الفلوجستيك يقترن بنقص في الوزن. هذا التناقض فاضح بالنسبة الى كل ناقد عصري ثبت في ذهنه وجود علاقة ثابتة لا رجعة فيها بين المادة والوزن. هذه العلاقة كانت اقل بروزاً في نظر كيميائيي النصف الاول من القرن 18. بل وحتى كانت غير موجودة عند البعض منهم. يجب ان لا ننسى بهذا الشأن، بان الفلوجيستيك لما كان مبدأ، فهو لا يخضع لثوابت المادة؛ فهو لا وزن له ولا كثافة، وربما كان حجمه له بعض الاعتبار. وقد كان كذلك. وقد بدأ ستاهل باعطائه خاصية الكائن القابل للانتشار. ثم سحبها منه فيما بعد. وتفسيراته للظاهرة المزعجة قد تغيرت قليلاً مع الزمن.

فقد زعم اولاً ان هذا الفرق في الوزن يعود الى ان المعدن وهو يخسر قسمه القابل للاحتراق اثناء التكلس، يزداد قسمه المحدد وزناً من جراء ذلك. وبعدها قال بان ذهاب فلوجيستيك يترك فراغات في المادة فيضغطها الهواء ويجعلها اوزن. وليس من المؤكد ان يكون الغموض بين الوزن والثقل النوعي قد خفي عليه تماماً، ولا على تلاميذه. وإذاً فهو لم يكن على يقين، إنّ ما عنده مجرد إيحاء يسمح برؤية طبيعة الأسباب الحقيقية للظاهرة، وان لم تكن قد توضحت بعد.

نجاح الفلوجيستيك واسبابه - لم تكن المسألة هي مسألة اصلاح النظرية او ادانتها، لانها لا تشرح زيادة وزن المعادن المتكلسة، بل ابقاء الظاهرة ضمن حدود النظرية وكان في هذا الموقف سبب دامغ : لا توجد اية نظرية اخرى تشمل مجمل المعارف الكيميائية يمكن ان تقف بوجه نظرية الفلوجيستيك. ان هذه تبدو تتويجاً لتطور الكيمياء منذ نشأتها لانها تجعل من الفكرة القديمة فكرة المبدأ معتقداً بيِّناً. فالفلوجيستيك لم يكن على الاطلاق كائناً من نسج الخيال. لقد كان الشيء المنتظر منذ زمن طويل. انه شيء من نفس نوع بعض العوامل الاخرى التي لا تمسك ولا توزن، والتي لم يوضع وجودها موضع الشك والتي يلعب بعضها دوراً معروفاً في عمليات الكيمياء، مثل الضوء والمغناطيسية والكهرباء. وكانت هذه الاخيرة معروفة بصورة افضل منذ نصف قرن تقريباً. وقد سبق لستيفن غري Stephen Gray ودوفاي Dufay ان اعطيا عنها القوانين الاولى، في الوقت الذي كان فيه نظام ستاهل Stahl يثبت نفسه. الم يكن، من الجسم الاكثر حملاً للفلوجيستيك، وهو الكبريت، أوتوغريك Otto de Guricke قد استمد الاثار الاولى الكهربائية القابلة للتطويع ؟ .

واخيراً لم يكن نظام ستاهل يتناقض مع اي مفهوم من المفاهيم الميتافيزيكية الكبرى. فقد كان يرضي الديكارتيين لانه يعطي معنى كيميائياً لمفاعيل الحركة، وانه كان يعطي اهمية لمظهر المادة وشكلها

أكبر من الأهمية المعطاة للجاذبية الأرضية ، كما أن صورة الجزيئات كانت تتعلّق بالحالات الفيزيائية ؛ كما كان يرضي الذريين رن مفهوم الجزئيات كان في أساسه ؛ وسوف يرضي النيوتونيين لأنه كان يتلاءم تماماً مع مفهوم التجاذب أو الإلفة ، كما وان الفلوجيستيك استطاع أن يكون في رأس العامود في جداول التآلف والتجاذب .

شمولية الفلوجيستيك ـ لقد ساد الفلوجيستيك بدون منازعة لانعدام المزاحم. وكانت شموليته ترضي نفسية الكيميائيين. وبهذا الشأن لم يتوقف ستاهل عن ظاهرات الاحتراق. كانت كيمياؤه ترتكز على قاعدتين افتراضيتين. الاولى تجعل من الفلوجيستيك العامل الذي سبق ووصفناه. والثانية تقول أن الأجسام تجذب مثيلاتها وأشباهها . فعندما يتكون جسمان من نفس المبدأ فإنهما يتحدان بفضل هذا العنصر المشترك . وتتلاصق خلاياهما من جوانبهما الأكثر تشابهاً . وهكذا يشرح تكون الأملاح ، كما يشرح قابليتها للذوبان في الماء وتكون المزائج المعدنية .

وقد طور ستاهل نظريته حول الاملاح. فقد رأى نوعاً من التشابه التركيبي بين الاملاح والقلويات. وهناك آسيد شامل يدخل في تكوين الآسيدات. هذا الاسيد اذا اتحد مع الفلوجيستيك، بفعل المزج كون الآسيد نيتريك. وهذا الاخير يأخذ من الفلوجيستيك خصوصية تذويب المعادن عملاً بقاعدة التشابه. وهناك ملح اساسي يمتزج بالفلوجيستيك فيعطي القلويات. ومن الاول، اي من الملح الاساسي يأخذ القلوي ذوبانيته ويأخذ من الفلوجيستيك حدثه وقليه.

ان الفلوجيستيك لم يكن فقط عامل الاحتراق بل هو في اساس الخصائص الكيميائية وحتى الفيزيائية الرئيسية مثل الرائحة واللون.

وكان الكيميائيون في مطلع القرن الثامن عشر منقسمين وغير واثقين، فاستقبلوا نظرية الفلوجستيك بحماس لانها تتجاوب مع توقعاتهم. ومن اليسير على مؤلف معاصر ان يثبت ضعف وتناقض هذه النظرية وذلك باثبات خطأ اساسي في قاعدتها.

هذا الخط الأساسي الذي لم يناقش والذي يعتبر غير جدير بالمناقشة، منذ قرن ونصف ، لم يكن بالإمكان أخذه بالاعتبار من قبل معاصري ستاهل لأنهم لم يكونوا يتوقعون وجود غازات . وتفهم أهمية الفلوجيستيك التاريخية بصورة أفضل ان حاولنا ، متجاوزين هذا الخطأ ، فهمه كما فعل الكيميائيون في القرن الثامن عشر . إذ كيف يفسر بشكل آخر العناد والصلابة التي دوفع عنه بها ضد هجمات لافوازيه ؟ .

هل يتوجب ، كما فعل الكثير من المؤرخين ، أن يكون كل الكيميائيين الذين حاربوا أفكاره أو وقفوا منها موقف اللامبالاة ، أن يكونوا أغبياء فيدافعوا منافقين عن براهين باطلة ؟ .

إذاً يجب ان نضع بينهم اشخاصاً امثال برستلي Priestley وشيلي Scheele، وكافنديش Cavendish، وماكر Macquer وكيروان Kirwan وريختر Richter. ويبدو من العدل اعتبار نظرية ستاهل بمثابة نظرية عظيمة .



الكتاب الثاني :

علوم الطبيعة



الفصل الأول :
علم الحيوان (زيولوجيا)

I ـ المعارف الزيولوجية

موسوعة الدروفاندي d'Aldrovandiـ لأخذ فكرة عن حالة علم الحيوان في بداية القرن السابع عشر، يجب استشارة الموسوعة الكبيرة في عشرة مجلدات من القطع الوسط التي وضعها اوليس الدروفاندي Ulisse Aldrovandi، 1552 – 1605، الذي كان استاذاً في جامعة بولونيا. وكان الكتاب قد اعد بخلال نهاية القرن السادس عشر. ولكن مجلداته نشرت بين 1599 – 1616. ونحن نستطيع بحق ان نأخذه كنقطة انطلاق .

نعرض اولاً مجملاً للنظام الذي اتبعه المؤلف في تصنيف الحيوانات. القسم الاول يتضمن الحيوانات ذات الدم الاحمر والتي تطابق ما يسمى في ايامنا بالفقريات. وهذه مقسمة الى :

I ـ رباعيات الاقدام الثديية الولادية
II ـ رباعيات الاقدام ـ البيضية .
III ـ الطيور.
IV ـ الاسماك ـ الحوتيات .
V ـ الحيات ـ التنينات.

والقسم الثاني يضم كل الحيوانات التي دمها غير احمر. هذه العلقات هي ما نسميه باللافقريات وتتوافق مع انيمات Anaimes ارسطو وهي تقسم الى :

VI ـ الرخويات .
VII ـ الصدفيات
VIII ـ القشريات.
IX ـ الحشرات .
X ـ الاسفنجيات.

يمكن ان نعجب من ضخامة الكتاب. وذلك انه يعنى بصورة خاصة بالتاريخ الادمي للحيوانات

حيث الوصف الزيولوجي مختصر. فمن اصل 294 صفحة مخصصة للحصان يوجد فقط ثلاثة او اربعة تعالج الصفة الزوولوجية للحيوان . أما البقية فهي تجميعات واسعة ، مع ذكر أسماء المؤلفين ، لكل ما كتب عن الحصان أو نقل أو زعم من جميع الأوجه : ترادف ، مسكن ، تربية ، مزاج ، عاطفية ، أمانة وسماحة ، ذاكرة ، توالد ، محبة وكره ، استخدامه في الحروب وفي الألعاب والانتصارات . لم يُنس شيء : الأساطير مثل التضحيات والتحولات ، والأحصنة الاسطورية والسانتور (كائن خرافي نصفه انسان ونصفه حصان) . وخُصص قسم للامثال المتعلقة بالاحصنة وصورها المرسومة أو المحفورة أو الموسومة على النقور والميداليات الخ . وهنا يتبع الدروفندي أسلوب سابقيه ، وخاصة ش. غسنر .

يوجد في علم الزوولوجيا تراث ـ الكثير منه يعود الى ارسطو ـ واراء عن مؤلفين قدامى . واقوال هؤلاء تتقدم على الملاحظات والتحقيقات الاكيدة . من ذلك ان الدروفندي يصنف الوطواط وهو من الثدييات المجنحات الأيدي ، بين الطيور ، لسبب وحيد أنّ له أجنحة وأن الناس يعتبرونه من الطيور . التشابه السطحي له وزن هنا أكثر من الفوارق العميقة في الأجهزة ، وهذا أمر يعرفه الدروفندي Aldrovandi .

ويعترف المؤلف ان الوطواط ليس له ريش ولا اجنحة تشبه اجنحة الطيور . ويعرف أنّه يطير بواسطة غشاء متكون من جلده الممتد بين الأصابع والسلاميات المستطيلة. بل انه قدم هيكلاً عظمياً لوطواط وهذا الهيكل يبرز الفرق. ولا يجهل المؤلف ان هذا الطير المجنح اليدين لا يبيض مثل الطيور بل يولد صغاراً احياء . ويعرف ان صغار الوطواط تتمسك بامها معلقة باثدائها وانها تتغذى بحليبها كما ذكر ذلك بلين Pline. واخيراً يلاحظ ان الصغار تولد عارية من الشعر وتكتسب الوبر الذي يشبه جلد والديها وكل الاربعيات الحيوانية. لكل هذه الاسباب، يلاحظ الدروفندي Aldrovandi ان الوطاويط تشبه هذه الاربعيات اي الثدييات. ويقول انه من الافضل تركها بين الطيور تمشياً مع التراث، وببساطة لانها تستطيع الطيران.

اما الحيتانيات التي هي لبونات بحرية فتطرح مشكلة مماثلة. فقد صنفت الحيتانيات بين الاسماك دائماً لانها تعيش في الماء . الا ان الدروفندي يعترف بان هذه الحيوانات مثل الحوت والدلفين لا تتنفس بالغلاصم بل بالرئات. ويشير الى ان كل اعضائها الداخلية مثل القلب والاوعية الدموية والرئتين والاعضاء التناسلية والاثداء، تجعلها اقرب الى الاربعيات الولودة. الا انه لم يجرؤ على استخراج النتائج التي تفرض نفسها. ومن باب الحذر يعالج الكتاب الذي نشر سنة 1613 الاسماك والحيتان في قسم واحد . ومن بين هذه الأخيرة توجد الفقمة وهي زعنفية الأقدام ، وخروف البحر (لامانتان) الذي هو من الخيلانيات (Siremiens) والمنشار وهي سمكة من الاسماك بدون هيكل عظمي (Selaciens) . والنظر إلى الأطراف فقط كان يكفي لتفادي هذه الأخطاء الناجمة عن التشابه السطحي وأشكال الحياة المتشابهة .

I ـ من بين الاربعيات الولودة، عرف الدروفاندي، كسابقيه عدداً من المجموعات المتجانسة

مثلاً (الوحيدات الاصبع) ذات الرجل الوحيدة الاصبع والتي تحمل حافراً وحيداً؛ ويمثلها الحصان، والحمار، والحمار البري الأوناغر. فلماذا حشر بينها الفيل الذي تحتوي رجله على خمسة اصابع رغم بساطة مظهرها. اما ذات الظلفين فهي حيوانات لها في ارجلها اصبعان وتطبق على ما نسميه بالحيوانات المجترة : يذكر المؤلف بحق البقرة والخاروف والماعز والايل والجمل والزرافة. ويعتقد انه من الواجب ان يضم اليها وحيد القرن وله ثلاثة أصابع وينتمي الى مجموعة مختلفة جداً .

ونلاحظ ان الحس الالهامي في المشابهات يدفعه احياناً الى ايجاد سلسلات طبيعية. ولكن حتى في هذا المجال، مجال الثدييات، وهي الاسهل دراسة، والاقرب الى الانسان وذات التشريح المعروف، يقع هذا المؤلف كل حين في الخطأ: فالتفحص غير الكافي وانعدام الصفات الواضحة التي يمكن ان تستخدم كمعايير لا تسمح له بتفادي مقارنات توحي بها مشابهات سطحية. ولا نعثر في اي مكان من كتابه لاي ظل لمنهج يمكن ان يؤدي الى تصنيف مناسب ومنطقي او حتى طبيعي .

II ـ اما الكتاب المخصص للاربعيات البيضية فيضم الزحافات والضفدعيات. فقط لان هذه الحيوانات لها اربعة ارجل وتبيض البيض . ووجود ذنب يكفي لتقريب الزحافات ذات الجلد الصدفي مثل الحردون والضفدعيات ذات الجلد العاري مثل الشموسة والسقاية.

وقد فصلت الافاعي عن الزحافات الاخرى لانها ليس لها اطراف. وتعامل بذات الوقت كحيوانات اسطورية مثل التنين والعظاءة .

III ـ وفي ما يتعلق بالطيور نجد هنا وهناك بعض المجموعات المتجانسة او شبه المتجانسة: كالجوارح والدجاجيات مثل الدجاجة والتدرج والحجل والقطا. ونجد فيها ايضاً بعض القانصات ذات الساق الطويلة. اما اليمائم فتعرف تعريفاً جيداً ، ولكن غالبية الاقسام الاخرى تبدو متنافرة. وبعض المجموعات هي سلوكية خالصة ، مثل الطيور التي تؤم شواطىء المياه أو مثل مجموعة الطيور المغردة .

IV ـ بالنسبة للأسماك يتبع الدروفاندي أسلوب ش. غسنر C. Gesner فيفرز الأسماك التي لها هيكل غضروفي عن غيرها. ان هذا الفصل ممتاز : فبعض هذه الحيوانات لها شكل مستطيل مثل كلب البحر او القرش اما الاخرى فلها شكل مسطح مثل الشفنين البحري او اللياء (Raie) والرعادة او الطوربيد. وقد نعجب ان نرى بين الليات عفريت البحر وهو سمكة ذات هيكل عظمي. ويجب ان نذكر هنا انه يوجد خطأ تقليدي ارتكبه سابقاً ارسطو، وتقيد به باحترام، روندليه Rondelet وسالفياني Salviani وغسنر Gesner. اما بقية الاسماك فقد صنفت بدون قاعدة وفقاً لأسلوبها في الحياة: أسماك الصخور ، أسماك الشواطىء ، أسماك الأنهر ، وأسماك البحيرات . . . وهذا يؤدي الى مجموعات مصطنعة .

V ـ ولكي يكون كاملاً حرص الدروفاندي على وصف وعلى تصوير كل الكائنات الاسطورية : حيات البحر، ويعطي عنها صورتين مختلفتين نوعاً ما ، والطيور الاسطورية مثل : العنقاء،

المرأة الطائرة ، الستيمفال والتنينات التي توحي صورها بصور الليات البحرية التي اتخذت أشكالاً غريبة بفعل التنشيف . وبدا المؤلف موفقاً أكثر عندما وصف وحوشاً حقيقية (الوحوش المزدوجة ، حيوانات ذات رأسين ، كلاب (Les éctrome) محرومة من الأرجل الأمامية ، دجاجة بشكل شيهم ، حالات بشرية خاصّة .

وعندما وصل الى دراسة العلق (نقول غير الفقريات) نغوص هنا في عالم ذي ثروة لا تصدق، ما تزال حتى اليوم غير مستكشفة، ويتشكل هذا العالم من حيوانات ذات تكوين عضوي مختلف جداً ، كان تشريحها الداخلي غير معروف تماماً تقريباً . فكيف يمكن تصنيف هذه الكائنات الا سنداً للمشابهات السطحية ووفقاً لتراث قديم ؟ .

VI- الرخويات - انها توافق ما نسميه باللاصدفيات، وتمثل برأسي الارجل المحرومة من الغطاء الصدفي الخارجي ورأسها محاط بأذرع مزودة بمصاصات : مثل الاخطبوط، والسبيدج والحبّارة. وتقليداً لغسنر اضاف الدروفندي الى هذه المجموعة المتناسقة الارنب البحري الذي ليس له ادنى علاقة بهذه اللاصدفيات. الا إنه اغفل الارغونوت والنوتيل التي نجدها في مقطع آخر.

VII - الصدفيات - انها قبل كل شيء الحيوانات ذات الصدف او الغطاء الحجري مثل ذات الاسنان او النابية والموركس Murex، والتيربو Turbo، والتروشوس Trochus، والبزاق Cochlea. واستعمل اسم كونشا Concha للدلالة على الرقاقيات مثل الجرنية، والقالب، والمحار وسولن، وبيكتن وسبونديلوس، وكلها صنفت بصورة مصطنعة بحسب تزيين قوقعتها : صدفيات مخططة ومحدّدة وشوكية. ومن بين الصدفيات ذكر الدروفاندي النوتيل، التي لم يعرف عنها الا قوقعتها والتي هي صدفية رأسية الارجل بدائية. ووصف كنوع آخر من النوتيل والعنقريط وهي صدفية مشهورة تصنف من بين الرخويات ، القريبة من البولب (الاخطبوط). اما الاغفال او الاهمال فيفسر بالصورة المعطاة لها. انها عنقريط انثى، تمسك، بين ذراعيها المسطحين، السلة، التي تذكر بشكلها بالقوقعة، التي يفرزها الحيوان عند توالده، وفيها ينقل بيضاته. وتسكن النوتيل في المقصورة الأخيرة من قوقعتها . أما العنقريط العارية فتمسك بمهد بين ذراعيها : وهذا يكفي لايجاد تقريب مرتكز على مماثلات سطحية خالصة .

اذا وضع هذا الخطأ جانباً، فان مجموعة الصدفيات تكون متجانسة، اذا لم تكن اشكال اخرى، ليس لها ادنى علاقة بالصدفيات، قد حشرت فيها. مثل البالان (بلوط البحر) والاناتيف (قشرية نصوق) التي هي من القشريات. والالتباس يأتي من كون هذه الحيوانات مثبتة وان جسمها محاط بصفيحات مكلسة يصعب رغم ذلك اعتبارها صدفة. ولنفس السبب نجد بين القشريات، التوتياء (اشينوس Echinus، وسباتنغوس Spatangus) والتي هي ذات جلد قنفذي وغشاؤه يحتوي على صفيحات كلسية.

VIII - والقشريات تتوافق مع قشرياتنا العليا، ومع ذات العشر ارجل. ويعرف الدروفاندي

بصورة خاصة الاشكال الكبرى مثل لانغوست [الكركند (جراد بحري)]، والكراب Crabe (اجناس من السرطان البحرية) . وقد قدم ملاحظات مفيدة حول مقرن الذنب والراهب الذي ينزل في الاصداف الفارغة وحول طريقة تركه عندما يكبر للقوقعة الفارغة التي جعل منها مسكنه سابقاً ، ليتخذ بعدها مسكناً اوسع اكثر ملاءمة لجسمه . في حين يجهل الكاتب تماماً كل القشريات الدنيا .

IX ـ وبعد تخليص عالم اللافقريات من الصدفيات والقشريات العليا السهلة التمييز تبقى كتلة من العضويات صنفها الدروفاندي ، كسابقيه في هذا الخليط الذي هو مجموعة الحشرات : فيقسم هذه الحشرات الى حشرات أرضية وحشرات مائية . ثم يقسمها الى فروع ذات أرجل وغير ذات أرجل . والأرضيات المزودة بأرجل تكون مجنحة أو غير مجنحة .

اما المجنحة فتتوافق مع ما نسميه بالحشرات . فنجد فيها النحل والدبور والزرقط والزرزور واليعسوب والفراشات . وقد تميز الكاتب بانه عرض عدة انواع من الفراشات بجانب دودتها ويسروعها ونغفها . واوجد بحق فرع المجنحات التي ليس لها الا جانحان مثل الذباب والبرغش . اما مجموعته من مغمدات الاجنحة فتتضمن حشرات حقة من هذا الصنف مثل (الجعل او الجعران ، والخنظب والسيرامبيكس والذرّاح كما تتضمن ايضاً الجراد والسرعوفة والراهبة والبلات (بنت وردان) التي هي من الاودتوبتير (مستقيمات الاجنحة) .

واذا كان تصنيف مجمل الحشرات المجنحة صحيحاً تقريباً ، فان مجموعة آبتير (عديمات الاجنحة) تحتوي على خليط منها النمل باعتباره بدون اجنحة (ايمونبتير Hemiptères)، ثم البق (نصفية الجناح)، والبرغوث والقمل ، وما هو اخطر العقرب والعنكبوت التي هي العنكبوتيات والدخدخيات (كثيرة الارجل) .

اما مجموعة الحشرات الارضية غير ذات الارجل فلم تعرف تعريفاً جيداً ،واختلطت في معظمها مع الدود . فنجد من بينها دود الارض ودود الحيوانات مثل التينيا والاسكاريس ، كما نجد البزاق والتي هي صدفية بدون قوقعة .

اما قسم الحشرات المائية فهو خليط غير معقول من الحلقيات التائهة (سكولوبندرامارينا Sco-lopendra Marina) والحلقيات ذات الانبوب والقشريات مثل برغوث البحر والعلق والدود البحري ، يضاف اليها نجمة البحر التي هي Ophiures . وفقاً لتراث يعود الى روندليه صورت اسماك حصان وزمّارة البحر Lophobranches من بين جملة الديدان . وكان سالفياني Salviani قد اعتبرها بمثابة مقذوفات البحر .

X ـ والمجموعة الاخيرة ، مجموعة الاسفنجيات تضم حيوانات لم يعرف ارسطو اين يصنفها : مثل الاكتيني Actinies او اينمون البحر ، الريزوستوم Rhisostome أو الرئة البحرية ، والهولوتوري L'Holothurie التي هي من القنفذيات ، والاسيديات وهي من المغلّفات ، وبصورة خاصة الاوفامارينا

Uva Marina التي هي مستعمرة من البوتريلات، والالسيونيوم L'Alcyonium او يد البحر، خليط عجيب ينتمي الى مجموعات متباعدة جداً.

وعلى كل حال يدل كتاب الدروفاندي على نفس مستوى المعرفة، وايضاً على نفس مستوى الجهل كما في مؤلفات الذين سبقوه. ونجد عنده نفس الاخطاء التي اصبحت بمثابة تراث. اما التقدم فلا وجود له. فقد استسلم هذا العالم الطبيعي للتضليل بفعل مشابهات مجسمة. فخلط بين قشرة التوتياء وغشاء (البالان) بلوط البحر وصدفة الحلزون لانها جميعاً اقسام صلبة ومتكلسة. وقلما عرف نمط التنظيم المشبه لمجموعات القنفذيات، وتناظر خماسيات الاجزاء حتى ان المحار صنف بين الصدفيات ونجمة البحر والافيوربين الحشرات، في حين صنفت قثاء البحر بين الاسفنجيات.

مسرح الحشرات لتيوفيل موفت Th.Moufet ـ يذكر في بعض الاحيان كتاب مسرح الحشرات 1634 لمؤلفه : موفت باعتباره اوجد نوعاً من التقدم وهذا ما اشك فيه. فالكتاب كانت له قصة طويلة. فمواده الاولية، جمعها غسنر ولم يستعملها ، فانتقلت الى توماس بني الذي كان قد سبق له واستحصل على مستندات جمعها إد وطن Ed.Wotton حول ذات الموضوع. واشتغل بني Penny خمس عشرة سنة ليجمع شتات هذه الموارد ولكنه مات قبل أن ينهي عمله. وعلى الرغم من سخرية محيطه قام طبيب انكليزي من لندن هو توماس موفت Thomas Moufet فقرر العودة الى ما صنعه سابقوه. ومات بدوره سنة 1604 قبل ان ينشر كتابه الذي لم يـر النور الا سنة 1634.

وكانت الحشرات المجنحة هي الافضل معالجة وتصنيفاً وخاصة النحل. وقد ارتكب المؤلف خطأ حين اعتبر ملكة النحل ملكاً. ووضع جدولاً رعائياً وكيفياً في الحياة داخل القفير. والملك يفرض نفسه على رعيته بضخامته وبلطف آدابه : وهو حصيلة اختيار ذكي وحذر. والنحلات، رغم طاعتها له تحتفظ بحريتها وبحكمها وتبقى مرتبطة بملكها بحماس. وبعد ذلك وردت المجمعات المعتادة حول اعداء النحل وامراضها، والضجيج الذي تحبه والضجيج الذي تخافه. ولا ينسى المؤلف الاسطورة التي تجعل النحلات مولودة بفعل تلف الجثث، جثث الحيوانات النبيلة كالثيران والبقر واذا فالشعب النحلي مولود من اللحوم في حين ان الملوك والقادة تولد من الدماغ الذي هو المادة الاكثر لطافة ولهـذا فهي اضخم واكثر حذراً وقوة.

اما مجموعة مزدوجات الاجنحة فتتضمن حشرات اصيلة ذات جانحين مثل الذبابة والنعرة والتيبول او حشرة النباتات، كما تتضمن ايضاً الحشرات ذات الاجنحة الاربعة مثل : (الزعاشر Libellule، والاغريون Agrion والكالوبتريكس Caloptéryx. ويكاد لا يصدق ان المؤلف لم يعر اهتماماً على الاطلاق لصفة اكيدة هي عدد الاجنحة. فضلاً عن ذلك، وضع ت. بني Th.Penny ملاحظات مفيدة حول خلق الذباب : فقد شاهدها تتزاوج وتبيض البيض الذي تخرج منه الدويدات.

ويتضمن الكتاب رسوماً جيدة لحوالي 60 نوعاً من الفراشات قلما وضعت بجانبها يرقاتها. ومن حيث المبدأ وضعت اليرقات جانباً في القسم الثاني من الكتاب اي في قسم عديمات الاجنحة وهنالك عدة

مجموعات من الحشرات المجنحة المتناسقة مثل الصرصار والزرزور والبلات (بنت وردان) والخنفسة او الجعل .

اما عديمات الاجنحة فتتضمن، كما هو الحال دائماً خليطاً من الحشرات والعنكبوتيات والبق والقراد والدود. وتحت اسم لومبريك (دودة كبيرة) وردت التينيا، والدودة الخيطية. اما حلقة الدودة الوحيدة فتوصف بانها دود متحرك يشبه بزر القرع دون توضيح لمنشئها. وبالمقابل يشير موفت Moufet الى وجود دودة لومبريك Lombric في الهند وفي مصر اسمها دراكونسيا Dracontia تحدث اوراماً تحت الجلد وهي ما يعرف بخيطية المدينة.

وبقي الكتاب غير مكتمل وينتهي بلوحتين رسمت فيهما بدون شروحات التينيا والعناكب وعقارب وهرميلات وبيناتول Pennatule ودودة العومة ويرقات، ووفقاً للتراث رسم ايضاً حصان البحر المسكين. هذا البازار الصغير من الحيوانات يدل على عجز العلماء يومئذ عن الاحاطة بعالم الحشرات الواسع.

التاريخ الطبيعي لجون -جونستون J.Jonston - وآخر انسيكلوبيديا حيوانية كبيرة صدرت سنة 1657 الى 1665 هي التاريخ الطبيعي لجون جونستون 1603 - 1675 الذي ظهر بعد مئة سنة من كتاب غسنر C.Gesner. رتب الكتاب، بدون تغيير تقريباً وفقاً لخطة غسنر والدروفاندي ونجد فيه الاربعيات الولودة والبيضيات (الضفدعيات والزواحف) والطيور بما فيها الوطواطية (الوطواط)، والاسماك والحوتيات التي كان الدروفاندي قد فصلها والحيات والتنينات والحشرات (الحشرات بالذات والعنكبوتيات والمتعددات الارجل، ومع الدود والبزاق والصدفيات الدنيا والعلق ونجمات البحر وحصان البحر طبعاً) .

والرخويات تشمل رأسيات الارجل والابليات. اما الصدفيات فتشمل الرخويات ذات القوقعة والمعويات والصدفيات المسطحة وكذلك المحار بانواعه اما القشريات العليا فتشكل مجموعة متناسقة ولكن القربيات تضم خليطاً من الاكتينات وطيور البحر وقثاء البحر.

وقد قلد الدروفاندي بيلون وغسنر نوعاً ما. وقلد جونستون الدروفاندي. وما جدوى هذا التاريخ الطبيعي الذي لا نعثر فيه على اي جديد. نفس الاخطاء ونفس الغموض يتكرر. وطيلة قرن من غسنر (1551 الى 1558) حتى جونستون (1657 الى 1665) لم يتقدم علم الحيوان اية خطوة محسوسة وظل في حالة جمود كاملة.

عمل ري وويللوفبي Ray et de Willoughby - كدت انهي بهذه الملاحظة المتشائمة هذه الدراسة لو لم يظهر في اواخر القرن كتاب ج. ري G.RAY (1627-1705) وصديقه ويللوفبي اللذين ادخلا نفساً جديداً. مات هذا الاخير باكراً وكان مساعداً للاول. فاصدر ري كتاب اوتينولوجيا (الطيريات) لويللوفبي سنة 1675 وكتاب هيستوريابيسوم Historia Piscium.. 1686 واكمله بتحرير

الكتابين الاولين. واصدر بذاته مختصراً عن الأربعيات وعن الحيّات في سنة 1693. ولم يصدر كتابه تاريخ الحشرات الا بعد موته سنة 1710.

كان نظام ري Ray مستوحى من نظام ارسطو. فالفقريات قسمت الى رخويات وقشريات وصدفيات وحشرات. وبالمقابل توضح تصنيف الفقريات باستعمال معايير تشريحية. وقد ميز ري الاسماك التي تتنفس بالغلاصم عن غيرها من الفقريات ذات التنفس الرئوي وبنية القلب اتاحت عزل الزحافات التي ليس لها الا بطين واحد. اما الثدييات والطيور التي لها بطينان فقد انفصلت بفعل ان الاربعيات من الثدييات هي ولودة ومغطاة بالوبر في حين ان الطيور تبيض وعليها لباس من ريش. ولم يكن من الممكن ترك الحوتيات التي هي ثدييات معروفة الى جانب الاسماك واعترف ويللوفبي بانها تتنفس بالرئة وانها تتزاوج مثل الاربعيات، وتضع أولاداً أحياء صغاراً وانها تتوافق في بنيتها وفي تكوين أعضائها الداخلية مع الأربعيات الولودة. وعلى كل لم يجرؤ ويللوفبي على استنتاج أمر كان ثورياً ويميل إلى ترك الحوتيات بين الأسماك. وكان ري منطقياً أكثر وحذراً أكثر فافرد لها مكاناً خاصاً.

وكان نجاح هذا التصنيف المتعلق بالفقريات قد دل على الاسلوب الذي كان يجب اتباعه لتوضيح عالم اللافقريات. ولكن محاولته كانت مبكرة.

II ـ التشريح الحيواني

كان علماء الطبيعة في تلك الحقبة يمتلكون علماً معمقاً حول التشريح البشري، يمكن ان يستعمل كمرشد لدراسة الفقريات. وقد شرح العديد من المؤلفين الحيوانات السهلة التناول او الآتية من الحظائر، ووصفوا تكوينها الداخلي. وكانت هذه البحوث تتابع بدون خطة عامة. وكانت المقارنة تفرض نفسها احياناً، ولكن التشريح المقارن حتى المقصور على الفقريات لم يكن موجوداً بعد.

الا انه سبق لبيلون Belon سنة 1555 ان ابرز المماثلة في بنية الهيكل البشري وبنية العصفور، واضعاً الحيوان في وضع مماثل، واقفاً والجناحان مرخيان على طول الجسم مثل الذراعين. وقد نشر الدروفاندي Aldrovandi هذه الصورة لبيلون Belon.

ووضع ليونارد دافنشي مقارنة دقيقة بين عظام الفخذ والرجل عند الانسان وعظام القسم الخلفي من الحصان. ولكن هذه الامثلة قلما اتبعت.

ولكن م. آ سفيرينو (1580 – 1656) M.A.Severino الذي كان استاذاً في كلية نابولي، نشر سنة 1645، كتاباً جيداً عن التشريح الحيواني، ركز فيه على التشابه البادي في الحيوانات رغم الفوارق بينها، ولكنه اراد التعميم كثيراً، ووضع مقارنات بدون قيمة بين الحيوانات والنباتات.

وجمع المشرح الهولندي ج. بلاس G. Blaes (أو بلازيوس Blasius) في كتابه «تشريح الحيوانات» (1681)، مجمل المعارف المكتسبة حول الحيوانات الرئيسية المنزلية وكذلك حول الاسد

والنمر والضبع والارنب والفأر، والفيل والايل والجمل ذي السنمين الخ. وضم الكتاب حوالي ستين لوحة فيها الصور الاصيلة التي نشرها سابقوه. ولكن بلاس Blaes لم يتبع اية خطة منهجية في العرض، ولم يعالج تباعاً الاعضاء، مما منعه من القيام بعدة مقارنات مفيدة.

ومن بين علماء التشريح الاخرين يمكن ذكر فابريسيو داكوابانـد نتي Fabricio d'Acquapendente (1533 – 1619) الذي وصف المعدة ذات الاربع جيوب عند المجترات. وكان واحداً من الاوائل الذين درسوا النمو النطفي عند الفرخ، وقد عرف مختلف انماط المشيمات لدى الثدييات وترك صوراً ملونة في التشريح الحيواني.

كان ك. بيرو CL. Perrault (1613 – 1688) مترجماً لعلماء الطبيعة في الاكاديمية الملكية للعلوم في باريس. وكان هؤلاء قد حققوا ابتداءً من 1667 برنامجاً مستمراً في الدراسات التشريحية وفي تشريح الحيوانات. ونشر الطبيب والمهندس بيرو سنة 1671 سلسلة من الدراسات حول الاسد والقنفذ والشموا والنسر والنعامة والسلحفاة والحُبيش الخ، اعتبرت مستندات ثمينة وبيرو هو الذي اكتشف الصمام الحلزوني في امعاء الاسماك « السيلاسية » وهي نوع من الاسماك خال من الهيكل العظمي.

ونحن ندين الى دوفرني Duverney بعدة مذكرات نشرت بين 1676 و1693 حول تنظيم الحيوانات التي سبق له ان شرحها: مثل الافعى والنعامة والقنفذ والفهد والفيل. ووصف س. كولينز S.Collins في نظامه التشريحي 1685، بصورة خاصة تشريح الطيور والاسماك ونشر ادوار تيزون Ed-ward Tyson دراسات خاصة عن الدلفين 1680 والكروتال 1683 (حية خبيثة) والابوسوم وهو حيوان يتظاهر بالموت عند الخطر (1698) والشامبنزي (1699).

وقد ترك العالم التشريحي والنباتي الدانمركي نيلس ستينسن Nils Steensen (نقولا ستينون Nicolas Sténon) (1638 – 1686) اعمالاً مهمة حول تشريح بقرة البحر او اللياء (1664) وكلب البحر او القرش (1667)، وحول العديد من الاسماك الخالية من الهيكل العظمي (1673). وفي سنة (1673) ايضاً نشر دراسة حول عضلات النسر. وتعتبر هذه الدراسة من اروع الاعمال التشريحية في ذلك العصر رغم انها لا تتضمن اية صورة. ويبدو الطبيب الهولندي نقولا تولب Nicolas Tulp الذي كان من بين الشخصيات في لوحة درس التشريح التي وضعها رامبرنت Rembrandt . كان هذا الطبيب قد خصص في « ملاحظاته الطبية » (1640) دراسة قصيرة حول « الاورانغ اوتان Orang Outan ». ورغم انه اشار الى ان الحيوان قد اسر في انغولا، فقد ذكر ان هذا الحيوان جريء في بورنيو Bornéo لدرجة أنه يهاجم ليس النساء فقط بل الرجال المسلحين. وشدد تولب Tulp بعد أن قدم صورة عن هذا الحيوان، على الشبه العجيب بين هذا القرد الكبير والانسان. فالوجه والاذنان هما كاعضاء الانسان. أما الأطراف فشبيهة لدرجة كبرى أكثر من شبه البيضة بالبيضة وهكذا قليلاً تجمعت المواد التي تتيح يوماً ما بناء تشريح مقارن بين الفقريات.

والكلمة استعملت لاول مرة من قبل ن. غرو N.Grew (1675) كعنوان لمذكراته حول الجذع والمعدة والامعاء لدى مختلف الثدييات والطيور والاسماك.

واذا كان علم الفقريات قد ارتدى درجة من الدقة فان علم اللافقريات كان بدائياً . كيف استطاع علماء الحيوان في تلك الحقبة أن يهتدوا إلى الطريق داخل هذه الآلاف من الحيوانات المركبة وفقاً لخطط بنيوية متعددة ومختلفة يجهلون تشريحها الداخلي ، وليس بين أيديهم من مرشد إلا المظاهر الخارجية فقط ؟ وكيف تسنى لهم أن يخلطوا بين صدفية المحارة (الشوكية الجلد) والقطع الكلسية في أجسام القشريات وقوقعة الحلزون (الرخوية) لتجميع هذه الحيوانات العضوية ضمن مجموعة واحدة هي مجموعة الصدفيات ؟ نذكر أن الطبيب الانكليزي توماس ويلس Thomas Willis ومارتان ليستر Martin Lister درسا في الربع الأخير من القرن تشريح بعض اللافقريات .

التشريح الميكروسكوبي - لقد سهل استعمال الميكروسكوب الدراسات التشريحية التي بدت الحاجة اليها ملحة . كان الامر يقتضي في اغلب الاحيان مجرد لؤلؤة من الزجاج مؤطرة في شفرة معدنية تشكل عدسة قوية . وكانت الاشياء تضاء بنور مباشر وليس بنور شفافي . وكان ر. هوك R.Hooke (1635 – 1703) الذي استعمل ميكروسكوباً معقداً ، راصداً ممتازاً . وقد استعمل للإضاءة نور الشمس المخفف بورقة مزينة او لمبة زيتية مزودة بكرة من الزجاج مملوؤة بالماء وبعدسة تستخدم لتركيز النور. ودرس هوك العديد من اللافقريات رسمها فيما بعد على لوحات دقيقة محفورة وضمنها كتابه الميكروغرافيا (1665) : مضرب النحل او ابرته،ارجل واجنحة الذباب،اعين اليعسوب ولسان الحلزون والذبابة والعنكبوت والنملة والقرّاد وعت الكتب والاوراق والعقرب الكاذبة، والبقة والقملة، ودويدات الخل الخ ، وبعد 1625، نشر ستلوتي Stelluti وسيسي Cesi « آبياريوم » حيث رسوم ممتازة لنحلات مراقبة من خلال الميكروسكوب مع شرح مفصل لتشريحها (الرأس والاقسام الفمومية، والقوائم، والابرة الخ) وهناك ميكروسكوبي ايطالي آخر، باتيستا اوديرنا Battista Odierna نشر سنة 1644 خطاباً مدعماً بالصور حول عين الذبابة .

ودرس ف. ريدي (1626 – 1697) F.Redi في « تجاربه حول نشوء الحشرات » (1668)، ورسم القمل على مختلف الحيوانات (الماعز والجمل والحمار والايل والدجاجة والوز، والطاووس، والسلحفاة) والقرادة الطفيلية على النمر، والحشرات (النمل والذباب)، والحشرات المتأتية عن جرب الحيوانات، وعقرب تونس وذبابة عنب البيلسان. وتولع الناس بالملاحظة الدقيقة والمفصلة . ونشر ريدي سنة1684كتاباً حول « الحيوانات الحية الموجودة في بطن الحيوانات الحية » ويعد كتابه هذا خير مشاركة مهمة في علم الحيوان. انه كتاب حق حول علم الطفيليات، حيث وصف اكثر من مئة نوع من الطفيليات (دود معوي، قراديات، حشرات) . وقدم تلميذان لردي : بونومو Bonomo وسيستوني Cestoni سنة 1687 اول وصف جيد مصور للقراديات الجربية (ساركوبت سكابي) Sarcoptes Scabiei.

ونشر الطبيب والعالم الطبيعي مارسلو مالبيجي (1628 – 1694) Marcello Malpighi سنة 1669، دراسات جيدة حول البومبيكس Bombyx . وربى دود القز، وشرحها وتتبع نموها وانسلاخها. وقد شاهد صنع الشرنقة، ودرس النفقة (العذراء من الفراشات) ووصف وشرح الفراشات البالغة،

وعرّف اعضاء التنفس، وتشعباتها، وحويصلات الهوائية، وفتحاتها او مسامها. ووجدها عند الصرصور، والحنظب، والجرادة، والنحلة، وتأكد ان هذه الانابيب المملوءة بالهواء تلعب عند الحشرات دور الرئتين.

ودرس القلب وقد رآه يخفق، والعضلات، والجهاز الهضمي. واكتشف انابيب منثنية على بعضها عدة مرات، ذات لون اصفر عشبي واصفر زعفراني، شاهدها تنشأ عند التقاء البطين (المعدة) والمعي. والكليتان في الحيوان هما اللتان سوف تعرفان في المستقبل باسم « انابيب مالبيجي ». ووصف المؤلف عند اليسروع (الدودة قبل تحولها الى فراشة) الغدد التي تنتج الحرير، وعند الراشدة والاجهزة التناسلية عند الجنسين. وعرض الاعضاء التي يصفها في عدة لوحات. انها الدراسة الاولى التشريحية الكاملة للافقري. وقد اكتشف فضلاً عن ذلك في سنة 1661 الاوعية الشعرية في رئتي ضفدّع.

وكان انطوني فان ليونهوك Antony Van Leeuwenhoek (1632 – 1723) ملاحظاً بارعاً للحيوانات الميكروسكوبية، كما كان فضولياً وهاوياً. واليه يعزى اكتشاف الكرويات الحمراء في الدم، واكتشاف التحزيز العَرْضي في الخيوط العضلية. وكان اول من لاحظ دوران الدم في الاوعية الشعرية. وكان من اوائل الذين رأوا الحيوانات المنوية. واليه يعود الفضل في تشريح الميدية [بلح البحر = نوع من الصدف] واحيائية البرغوث. وتوصل الى دراسة هذه القشريات الصغيرة التي هي من الليات الملتصقة بالقواقع، وقد احسن تصويرها وخاصة ارجلها او ممَاسكها.

وعدا عن الاضاءة المباشرة استعمل ليونهوك Leeuwenhoek الفحص عبر الشفافية، الامر الذي اتاح له اكتشاف الدوديات (روتيفير) والنقاعيات. وتكلم بهذا الشأن عن مخلوقة مسطحة ذات شكل بيضاوي ولها ارجل دقيقة بشكل لا يصدق وتتحرك بسرعة عظيمة وهذه هي الرموش المتحركة في النقاعات (انفوزوار). واكتشف منها عدة اجناس بل ونجح في مشاهدة البكتيريا (كوكسي Coccis باسيل Bacilles فيبريون Vibrions) وذلك في حفش الاسنان.

وهذا المدقق العظيم درس البراغيث فعرف انها تتوالد بدوْن بيض 1695: فقد لاحظ ان الانثى لا تحتوي بيوضاً بل صغاراً كاملي التكوين. وقام بتجارب فعزل الاناث. ثم فوق غصن من الكاسي (العنبر)، مطهر من الطفيليات ومزروع في قنينة مملوءة بالماء وضع عليه اثنين: وخلال 24 ساعة وضعت البرغوتة الاولى 9 صغار والثانية 6 صغار. وكان من حظ المؤلف ان شهد عدة ولادات

« قال ليونهوك: « الشيء الاكثر غرابة، الذي بدا لي، هو اني لم اكتشف اياً من هذه الحييوينات، ذات الجسم الوسط دون أن أستطيع أن أستخرج منها صغاراً في طور التكوين . . . ولم يحدث لي على الاطلاق أن وقعت على أي حيوين يمكن أن يعتبر ذكراً ».

واثبتت ملاحظات جديدة هذا الغياب للذكر، فاستنتج في سنة 1700 يقول: « يجب ان نفترض ان البراغيث تمتاز بهذه الظاهرة التي لم تلاحظ بعد « انها تولد صغاراً دون مضاجعة مع الذكر » وكانت اول تحقيق حول توالد عذري (اي حمل بدون اخصاب او جماع).

بعد ان سبقت الاشارة الى ان كريستيان هويجن Christiaan Huygens قام منذ 1678 بدراسات مفيدة ميكروسكوبية على البروتوزوير (حيوانات احادية الخلية)، والروتيفير (الدوديات) والنيماتود (السلكيات)، يتوجب ان نفرد مكاناً على حدة لجان سوامردام Jan Swammerdam (1637 – 1680). هذا الطبيب لم يمارس عمله، وانصرف الى دراسة تشريح اللافقريات. كانت صحته متدهورة : وكان فاقد التوازن تقريباً امام عرافة متصوفة انطوانيت بورينيون Antoinette Bourignon فمات في الفقر وعمره 43 سنة .

ولكن هذا لم يمنعه من انجاز عمل ضخم، نشر معظمه بعد وفاته. فعدا عن دراسة معمقة للحشرات. ظن انه يستطيع انكار تحوّلاتها (ميتامورفوز)، شرَّح العديد من الحيوانات وكتب عن تشريحها قارناً وصفه بلوحات فخمة. وعرَّف بتكوين الحشرات (النحلة،الدبور، اليعسوب، النملة، الجرادة، سراح الليل، والجعل والسفانكس (الصَمْل) وفراشات النهار والليل والذباب والذباب اليومي الزائل الخ) والصدفيات (الباغور (قشرية مقرنة الذنب) والدفني (= برغوت الماء)، والعديد من الرخويات (اللية ، الحلزون: توربو، فولوتا فينوس) وبتكوين العقرب والضفدع وصغيرها (تيتار = خرشوف) .

وبفضل تشريحه لِـ غاسيتروبود Gastéropode (رخوية معدية الارجل) ذات الرئة من الماء الحلوة اكتشف وعرض صغار هذا النوع التوالدي. ولاحظ في هذا الحيوان وجود (دويدات) هي سيوروسيت الدودة العريضة المثقبة (ترماتود) . وشاهدها تخرج من جوفها اليرقات او المذنبات التي اخذت تسبح بسرعة بفضل تموج ذيولها

ويمكننا ان نذكر ايضاً الرسام الملون جان غودار (1620 – 1668) Jean Goedaert الذي عرض، بدون ترتيب، في كتابه (1662) كل ما درسه . وقد كان موهوباً للتصوير اكثر من الملاحظة ، واكتفى بان اطلق على اليرقة وعلى الفراشة وعلى الذبابة اسماء غريبة، وشاهد يرقة جسمها مملوء بالدويدات خرج منها الذباب. ولكنه لم يفهم منشأ هذه العملية الطفيلية. وهكذا، وبخلال عدة سنوات استطاع مالبيجي Malpighi وليونهوك Leeunwenhoek وسوامردام Swammerdam ان يؤسسوا تشريح اللافقريات، وهو اساس ضروري لكل تصنيف لاحق .

الفصل الثاني :

علم وظائف الاعضاء الحيوانية

تمثل الفيزيولوجيا في القرن السابع عشر آخر محطة واقواها للارسطية. واذا كان غاليلي قد انهى فيزياء البيولوجيين. فقد كان لا بد من مرور قرن حتى تتشكل بيولوجيا او علم احياء عند الفيزيائيين.

فالجسم البشري الذي تسكنه الروح يبدو بمنأى عن التمثيل الميكانيكي : لقد كرس استثناء بواسطة العديد من الحجج. مثلاً لا تشكل العناصر التي تؤلفه مزيجاً بسيطاً بل تركيباً حقيقياً ، الامر الذي يمنع اجراء التجارب او التحاليل عليه. لقد اشارت فيزيولوجيا فرنل 1554، وهي في سياق ارسطو، اشارت الى الفرق بين جمع الاجزاء (اسفنجة مشربة بالماء ، حجارة وبودرة مطحونة او مسحوقة) وبين اتحادها .

« إن المقطع ليس حروفه التي يتألف منها : ان « با » ليست تماماً «ب» ثم «ا»، ولا اللحم يساوي النار والتراب . إذ بعد افتراق العناصر ، ينعدم وجود اللحم والمقطع ، في حين تبقى الأحرف موجودة وكذلك النار والتربة . فالمقطع إذن هو شيء آخر غير الحروف ، الصوتية والمد . ان المقطع هو شيء آخر . . » (أرسطو ، الميتافيزياء Z ، 17 ترجمة ج. تريكو J. Tricot ص 308) .

ان فكرة المزاج تنطلق من هنا : انها لا تعني تلاقي الطبائع بل توازنها المنسجم.

ويحتفظ القرن 16 ببعض مبادىء ارسطو وغاليان. ان الحي يعتبر، كشكل محصور في مادة يحملها.

وعلى كل ان هذه القوة الشاملة المنتشرة في الكل الذي يتحرك بها، تنحرف بحسب درجة التوحيد والاندماج الناجحة : ويميز بهذا الشكل النباتات والحيوانات والبشر . وتقتصر النباتات على وظائف النمو والتغذية والتكاثر ، وظائف تضيف اليها الحيوانية الاحساس والحركة ويضيف اليها الانسان أخيراً الفكر وعواقبه .

ولكن القرن 17، يهاجم هذه الفيزيولوجيا اللامادية الغائية والتراتبية .

هذا الصراع الذي لا هوادة فيه ولّد التشريح الحديث ـ الاكثر بعداً عن المخادعة من علم الفلك ـ ويصف الحقيقة اقل مما يعرضها، ويسحبها من القدرات التي تعتم عليها، وبصورة خاصة يحاول ان يستمدّ تفسير عملها من مجرد ترتيب او تصوير الاجزاء. وباختصار اكملت المدرسة الايطالية، مدرسة بادو Padoue، وخلفاء فيزال Vésale وفالوب Fallope وكولومبو Colombo ودوستاتش d'Eustache غاليليه الذي علم في مدينتهم منذ 1592 .

النقاش حول القدرات الإنباتية : التمثل والهضم ـ هل لأن الفيزيولوجيا الإنباتية قد صنفت في أسفل درجات السلم ولأنها المثقلة أكثر من غيرها بالمادية ، كانت الأكثر تطوراً في القرن 17 ؟ وإذا كانت الوظيفة الغذائية ، والهضم ، لم يتوضحا إلا في القرن 18 ، إلا أن القرن 17 عرف كيف يتساءل حولها . هذه العملية ، عملية التعصير (تحويل الطعام الى عصارة) فيها ما يعجب ويأسر :

يقول كورو دي لاشامبر Cureau de la Chambre : « انه لشيء مدهش ان تتحول لحوم سوداء او حمراء او خضراء الى البياض بمثل هذه السهولة، وان تصبح الاشياء المرة او الحادة او المالحة لطيفة بهذه السرعة، وان الاشياء القاسية والكثيفة تتحول سوائل ولطائف ، وان تتحول اللطائف الى كثافات » (نظرات اخرى حول الهضم، 1636، ص 31)[1].

يومئذ ثبت ان هذا التحول لا يتم بفعل طهو بسيط : ان الحيوانات الباردة تهضم. كما ان الحيوانات (الكواسر والطيور والحيات) ترسل ومضات غير مباشرة: لان بعضها يلتهم بدون علك، وقد استبعد التفسير الميكانيكي للهرس. وقد جرى البحث عن نموذج تفسيري : فلم يعد يمكن الركون الى الصورة المألوفة حول الطبخ ولا الى الرسيمة الفيزيائية للتحريك او الخض. ورد فان هلمونت Van Helmont في كتابه « حول الهضم » التمثل الى سلسلة من العمليات التخميرية ، بل انه ذهب الى ابعد : ففصل بقوة الاشياء المعدوية (الاسيد) عن الاشياء الامعائية (القلوية)، وحلل العصارة المعدوية وفرض بصورة خاصة، في هذا المجال، حلاً بيولوجياً كيميائياً :

« ان « المدارس » وقد ضللتها الحرارة الملموسة في الحيوانات، كما ضللتها استعارتها العادية، تشبه الهضم بالطنجرة التي تغلي، وتظن ان الحرارة هي السبب الطبيعي والفعال في الهضم وفي كل العمليات من ذات الطبيعة. . . الا ان اعتبار اللحوم (رغم طهوها) لا تنقلب تماماً الى عصارة حليبية

(1) ان هذا المؤلف لكورو دي لاشامبر Cureau de la chambre، لم يشتهر بافكاره الغريبة بقدر ما اشتهر بمقدمته العنيفة: انه ينادي بان الوقت قد حان لترك اللاتينية كلغة للعلم : انها لغة صالحة لكتابة الاساطير او كتابة التاريخ الماضي، انها اعجز من ان تستخدم لاستنطاق الطبيعة، الموجودة الحاضرة. . » (راجع فضلاً عن ذلك، ف. برونو : تاريخ اللغة الفرنسية مجلد III. قسم 2 (1600 – 1660)، ص 715).

ولكن الخيوط تبقى دائماً كما هي، مَرَقٌ مركز، فمهما برع دعاة هذه المدارس في تفسير ذلك، فان الواقع يحملهم على التردد في ارائهم. . ».

وهكذا تخلت الفيزيولوجيا الهضمية عن بعض رواياتها، وان هي لم تحلَّ المشكلة حقاً، فقد عرفت، في القرن 17 كيف تجددها. ولم يعد امام ريو مور Réaumur وسبالانزاني Spallanzani الا ان يكملوا الحركة التي اطلقها فان هلمونت Van Helmont، الذي يعتبر رائد البيوكيمياء (علم الاحياء الكيميائي).

مسألة أخرى حول الانباتي: التوالد العضوي والانجاب - ولكن النقاش تناول بشكل خاص اهم الوظائف النباتية = التوالد والتناسل او الانجاب. وبقدر ما هي إنباتية، حتى في اواخر القرن (مع كامرياروس Camerarius) أقِرَّ بالجنس ايضاً للنباتات. فالارسطية، بعد مراجعة غاليان لها وتحسينها، زادت في اهمية هذه المسألة بمقدار ما عجزت الميكانيسما الطبية عن إستنباط تكوين الكائن الحي وتكونه التدريجي من قوانين المادة فقط ومن الحركة. هذا الفشل الذي اصاب التخلق التعاقبي (épigénèses) زود البيولوجيا بالقدرات. ولم تخل البيولوجيا من القوة فهي تعرف حاجة الانجاب الى شخصين من جنس مختلف. واذا كان البذار الذكري يوصل الحياة، فانه لا يستطيع تحقيقها مادياً، بل تفعيلها، دون أن يدخل من الرحم: وبالتالي فإنه ينقل تأثيراً أو قوة تكوينية. أما الأنثى من جهتها فتقدم الأرض أو المادة الضرورية لنمو النطفة.

وكتاب هارفي Harvey « اكزرسيتاسيوني دي جنراسيوني انيماليوم » Exercitations de generatione animalium (1651) جاء ليؤكد الحل الارسطي. تتبع هارفي Harvey بدقة النمو النطفوي عند الفرخ، وشرح الظباء وأناث الايل التي سمح له الملك شارل الاول بتشريحها: وبعد ملاحظاته الغى الفرق بين البيَّاضات والولادات. ومن هنا سارت الكلمة Ex ovo omnia. لا شك انه خلط بين البيضة والنطفة في الايام الاولى يومئذ وربط ايضاً بين الحيوانات التي تبيض قبل الاخصاب والثدييات التي تعكس الاحايين وتبيض بعد الاخصاب. وتذكر دائماً حالة السمك الذكر الذي يرش ويخصب من الخارج البيوض، لان البذار لا يفعل الا بفعل الفوح او الرائحة.

وبصورة تدريجية توضحت عملية « البيض » (Ovisme) في كتاب « موسكولوس. . . » De Musculis لستينون (1664)، وفي برودروموس (1668) لفان هورن، والانثروبوجينيا لكركونـ (1671) وخاصة كتاب « موليوروم» (1672) Mulierum لرنيه دي غراف Regnier de Graaf ويستخلص منها ان المبيض، الذي خلف الرحم، هو الذي ينزل البيض، وعن طريق القنوات تصل البيوض الى الرحم. وهكذا اخذ تشريح وفيزيولوجية البَيْض تخرج من ابهامها الاول. وهناك تجربة من بين تجارب اثبتت وجود انتقال « للبذار الانثوي »:ان ربط الانابيب يوقف كل امكانية اخصاب.

ولكن ليونهوك Leeuwenhoek سنة 1677 ارسل الى الجمعية الملكية رسالة يصف فيها الحيوينات المنوية، المتحركة بدورها. واكد العالم الميكروسكوبي هارتسوكر Hartsocker، في مراسلاته

مع هويجن(1678) Huygens على وجودها (انها ليست خيوطاً مبهمة، تحركها الحرارة) وعلى صفاتها .

مثل هذا الاكتشاف يعارض النظرية البيضية التي ترى ان النطفة قائمة في البيضة. اما الحيوين المنوي، فبالعكس، انه هو الكائن الحي بحق، واذن فهو حامل النطفة. وتحت ضغط الوقائع. كان لا بد من الاتجاه نحو نظرية « البويضة الدودة » اي الاعتراف بدور ضروري للسائلين ولكن العائق الرئيسي ضد المزج والتركيب بينهما يقع ابعد من ذلك .

هناك مسألة اكثر اهمية، تأتي على هامش السابقة، وتسيطر على فيزيولوجيا القرن 17 : انها مسألة الخلق والتكوين اكثر مما هي مسألة انماط او ظروف التكوين: او ان هناك اوالية (ميكانيسم) دقيقة تحاول عبثاً ان تبني الكائن الحي بحسب قوانين المادة فقط او هناك، ونظراً لاستحالة مشاهدة هذا الصنع، لا بد من القول « بسبق وجود » كائن حي في « البذار »، يجب افتراضه، لاننا لا نستطيع تكوينه. وفي هذه الفرضية تطرح مسألة ثانوية نفسها لمعرفة اي من الاثنين البويضة او الحييوين يحتوي النطفة.

وحتى اذا بدا وجود الاثنين ضرورياً ، فان نظرية الابيجنتيك épigénétique (القول بان الجنين يتكون بسلسلة من التشكلات المتعاقبة)، كما نظرية التراكب او الولوج، تصطدم بمسألة الاورغانوجنيز Organogenèse (نظرية سبق تولد الاعضاء وتكونها في الجنين بل والنطفة) : كيف يولد وكيف يتحقق وجود الكائن الحي ؟ تجميع عفوي عارض للاجزاء او مجرد امتداد جوهر ؟ لقد عجز الفيزيائيون الجدد، والقائلون« بسبق التكوين »، من جهتهم ، استبعدوا المشكلة دون ان يحلوها . وفي آخر القرن 17، سوف تداهمهم جميعاً الاعتراضات . ولكن الفكر لم يستطع الا التأرجح بين العودة الى المادة العارية او اللجوء الى إله واحد خالق . ان العلوم المتعلقة بالنمو وبالتنظيم لا يمكن ان تنشأ في القرن 17. فازدهارها يفترض مقدمات عديدة تطرح بالضبط على بساط البحث، وبآنٍ واحد، إله المتألهين وكون الميكانيكيين، الذين يكمل بعضهم بعضاً أكثر مما يتعارضون رغم المظاهر.

اكتشاف الدورات الثلاث ـ ولكن الفيزيولوجيا المتقاعسة والغاطسة في مشاكل القرن 17، سرعان ما ستتحرر: فبشأن الدورة الدموية، وهي حركة تقع ظاهرياً، في نظر المؤلفين عند حدود الإنباتي الاحساسي الدقيق، وفوق الغذائي، انما متخلفة عن القدرة المحركة (تكون الافكار، حركة القلب والشرايين، التنفس). هذا الاكتشاف اوضح مجملاً مخالفاً للمألوف الاعراب عنه لم يتم الا على مراحل ومزقاً مزقاً . وكان ان ادرك هارفي Harvey وحده المجمل (1628)

والحق يقال، ان العدد ليس دورة واحدة بل ثلاث دورات. الاولى، الصغرى، تتعلق بمرور الدم الذاهب من البطين الايمن من القلب، الى الرئتين، ثم منها يعود الى البطين الايسر، وكانت هذه الدورة قد وصفت من قبل ميشال سرفت Michel Servet سنة 1553 في كتابه « كريستيانيسمي رستيتيسيو » Christienismi Restitutio ثم اخذها عنه فيزال Vésale 1555 وكولومبو Colombo

1559[1]. ولكن التساؤل لماذا وصفت هذه النظرية في كتاب لاهوتي ؟ اجاب على هذا السؤال فيزيولوجي شهير بما يلي :

« ورد في الكتابات المقدسة ان الروح هي في الدم، بل ان الروح هي الدم بالذات. ويقول سرفت : لكي نعرف كيف تتكون الروح، يجب ان نعرف كيف يتكون الدم، ولمعرفة كيفية تكونه يجب ان نعرف كيف يتحرك. . . من هذا الدم بالذات، الذي تتشكل منه الروح تتكون النفوس او العقول. . ان النفس الحياتية تتكون من مزج الهواء، المأخوذ بالشهيق، بالدم الذي يرسله البطين الايمن الى البطين الايسر، مزج يتم في الرئتين، إذ يجب ان لا نعتقد كما يقال عادة ان الدم يمر من بطين الى آخر بواسطة ممرات بينهما. انه لا يمر من بطين الى بطين الا بعد اجتياز الرئتين ». (حول اكتشاف الدورة الدموية، جريدة العلماء ، نيسان 1854 ص 194) .

ولكن الثانية، الدورة الكبرى، تكمل الاولى: في سنة 1593 لاحظ العالم النباتي سيزالبينو Cesalpino (كستيوني بريباتيتيكا) (Quaestiones Peripateticae) اننا اذا ربطنا اوردة الذراع، فان تدفق الدم يتجمع لا فوق الرباط بل تحته. يدل ذلك على ان الاوردة تأخذ الدم الى القلب وليس العكس.

وعقب 1574، وصف فابريسيو داكوابندنتي Fabricio d'Acquapendente بدقة صمامات داخل بعض الاوردة. وهذه الصمامات تساعد على صعود او عودة الدم. ولكن اذا كان فابريسيو Fabricio وسيزالبينو Cesalpino أول من وضعا الأسس الأولى للفيزيولوجيا المتعلقة بدورة الدم، فان هارفي Harvey هو الذي جمع العناصر المتنائرة، واستخرج بوضوح الوظيفة.

وكتابه لسنة 1628 « اكزرسيتاسيون. . . Exercitations » يلفت النظر بقوة المجموع الاستثنائية اكثر مما يلفت بتنوع الحجج المستعملة (التشريح المقارن، الحسابات الدقيقة، الدعامات الجنينية) .

وهكذا « كلما كانت الشرايين اقرب الى القلب كلما زادت اختلافاً عن تركيب الاوردة وكلما كانت اقوى واشد تماسكاً . ولكنها في تشعيباتها الاخيرة، كما في اليد والقدم والدماغ وأغشية الامعاء والخصيات، ذات بنية متشابهة حتى يصعب تمييز بعضها عن بعض بمجرد فحص اغشيتها. . وكلما كانت الشرايين ابعد عن القلب كلما قلَّ اهتزازها بالنبضة التي تتوزع على مجموع واسع » (ترجمة ش ريشه Ch. Richet 1879، ص 174) .

اليس هذا استباقاً لمالبيجي Malpighi، سيد الوصف الدقيق والذي سرعان ما سوف يكشف

(1) ان منشأ هذه النظرية قد سبق وذكر من قبل ر. آرنالديز R. Arnaldez (مجلد 1 ، القسم الثالث ، الفصل 2) ومن قبل م. د. غرميك M.D. Grmek (المجلد 2 ، القسم الأوّل ، الكتاب 2 ، الفصل 3) .

عن الشبكة الشعرية الشريانية الوريدية (1661) ؟ لقد ارتكزت الفيزيولوجيا الهارفية بشكل خاص على التشريح المقارن وبشكل منهجي :

« ان خطأ التشريحيين المتكاثر، انهم ارادوا الكلام عن اعضاء الحيوانات والتعرف اليها، قاصرين درسهم على الانسان، وحتى على الجثة البشرية، متصرفين مثل اولئك الذين يريدون معرفة السياسة من دستور بلد واحد . . . عند الاسماك التي ليس لها الا بطين واحد (لأن ليس لها رئة)، تبدو علاقة القلب بالاوردة سهلة الرؤية » (ص 91) .

او حتى : « الا نرى ، في البيض الذي تحضنه دجاجة وفي الاجنة المنتزعة من رحم بعض الحيوانات، القلب يتحرك كما عند الراشدين؟ » (ص 95).

من دفة الى دفة يثير كتاب « دي موتو » De Motu الدهشة بفعل حسه العملي الحاد، وبجرأة فرضياته ، وبمنطقه الدقيق: معه ولاول مرة، تحررت حركة بيولوجية حقيقية، مرئية في مجملها، محللة حتى في اواخر نتائجها : « ولهذا السبب تفعل الادوية الملصقة من الخارج كما لو كانت تبتلع . . ان الاوردة تمتص من مسامها المواد المطبقة على الجلد وتدخلها في الدم . » (ص154) .

ذكرنا ثلاث دورات دموية : الثالثة، مستقلة ومختلفة عن الاوليين، وهي ترتدي، من جراء هذا اهمية لا تنكر. ولم تمرَّ بدون نقاش رغم انها ليست اقل ثورية من السابقتين. من ذلك ان ج. آسلي G.Aselli وهو مشرح من بافي قام سنة 1622، وبقصد التثبت من دور الاعصاب وتأثيرها وكذلك من تكوينها، بشق الغشاء الحاجز، ولكنه قلّما استلفتته حركات الصدر بل الاوعية البيضاء كلّياً .

وربط هذا الوجود بالواقعة ان الكلب قد أخذ للتو طعامه : في الحيوان الصائم، لا يمكن ان نشاهد هنا هذا النوع الرابع من الاوعية Mesaraique (بعد الاعصاب، الشرايين والاوردة) . لقد سبق لـ استاشي Eustacchi سنة 1553 أن وصف مسافة الوريد الصدري . ولكن جان بيكت Jean Pecquet (في الدورة الدموية. 1651، وفي الصدر. . . 1651) رسم خارطة هذه الشبكة الجديدة اللمفاوية والغددية (العقدية). ان عروق الكيلوس [المادة الغذائية التي يتحول اليها الطعام بعد الهضم] تتصل في خزان (يسمى خزان بيكت Pecquet) ثم عبر قناة استاش Eustache، تنضم الى الاوردة تحت الترقوة [عظم اعلى الصدر]. نتيجة عظيمة، احدثت الكثير من الانقلابات ومنها « الدورة الكبرى » : ان الكيلوس Chyle (اي بعض الاطعمة المهضومة) لا يمر عبر الكبد، المقالة من مكانها المركزي، ان الغذاء قد يذهب مباشرة الى الدم عن طريق الاوعية اللمفاوية، واخيراً عمم الدانمركي توماس بارتولين Thomas Bartholin (الاوردة اللمفاوية 1653) النظام : في الكبد بالذات، اكتشف اوعية غير مملوءة بالكيلوس Chyle الابيض الهضمي، بل لمفاً شفافاً ، مرئياً على كل حيوان صائم، وبصورة خاصة، الاربطة ، واثبت دورة هذا السائل : ضربة جديدة، نوعاً ما، صوبت للغدة الكبدية ولسيادتها الفيزيولوجية .

الفيزيولوجيا الحسية المحركة ـ الحيوان الآلة ـ تتميز الحياة الحيوانية بالحسية وبالحركية

وتشكل الفصل الاعلى في الفيزيولوجيا. ومنذ زمن بعيد، كان غاليان قد عبّد الطريق، وفصل الاعصاب الحسية (الطرية) والاعصاب (القاسية) وانزل القلب الارسطي عن عرشه، وكشف اهمية الدماغ، وركز في المخيخ اصل هذه « النسمة » Pneuma التي تسري في الاعصاب، وتضخم العضلات وتتحكم بالحركات.

في القرن السابع عشر ضخم ديكارت هذا الاسلوب في الرؤية : ان الارواح الحيوانية، التي ليس لها من الروح الا الاسم، والتي هي دوماً تعمل ودوماً في غليان، لانها تتولد من حرارة القلب، وتتفرع من الدم الحار، تفسر الحركات الاوتوماتيكية المعقدة، التي تنفذها الحيوانات. والحوافر الحسية التي شبهها ديكارت باصابع لاعب الارغن على المفاتيح، تشغل بصورة غير مباشرة مجرى الافكار. وأصبحت الغدةالصنوبرية المركز الذي اليه تصل الأوامر الآتية وعنه تصدر الأجوبة، وحيث أيضاً يمكن ان تتحول الافكار، عند اللزوم، الى حركات. اننا الى حد ما، وبشكل صريح امام نوع من « المنظم ذي الكرات » المكيف بصورة خاصة. وبحسب الوسط، فان تغييراته، والضغوطات المتنوعة فيه، تغلق ابواب الدخول او تتدافع. آلة ذات تسيير ذاتي كامل وغائي هادف لانه ينتظم ويتجاوب مع مقتضيات الوسط.

ولكن الفيزيولوجيا العصبية Neurophysiologie في القرن 17 عاشت بصورة رئيسية على معارضتها، المُقْنعة الى حد ما، لهذا المفهوم، لهذا النظام الذي عاضده واغناه الكثير من الفيزيائيين :

1 - من ذلك ان البعض حاولوا ابدال « الرسيمة الحرارية » باخرى كيميائية، اكثر تجانساً مع الظاهرات العصبية في حالات الاهتياج، والرجفة والاضطراب او الاختلاج. ان التقلص العضلي يحصل تصوره عندئذ وفقاً لتفجر داخلي، خاصة اذا كانت الشبكات العصبية (الحسية والمحركة) لا يعود باستطاعتها ان تشكل انابيب واربطة، ولا العضلات ان تكون خزانات. وجدد تيوفيل ويليس Th. Willis، كما بيَّن ج. غانغيلهم G.Ganguilhem : في كتابه « في المحرك العضلي 1670 »عرض ويليس تفسيراً قوياً غير ديكارتي للتقلص، وفوق ذلك ايضاً، أبرز ويليس، وهو الاول في هذا، حقيقة الانعكاس، وفرز من هذا الواقع نمطين من الاجوبة : « الحركة العفوية او الارادية، المحكومة بالنفس الدماغية، والحركات الطبيعية او غير الارادية المحكومة بالنفس المخيخية »[1]. واذا كان جوهر النيرولوجيا « علم الخلايا العصبية » يكمن في تحليل الاعمال المنفذة، بدون جدل ولا نزاع، فان ويليس Willis، افتتح واسر حقلاً جديداً للتجريب. وقامت مقاومات واعتراضات، من ذلك ان ريجيس Régis الديكارتي :

« لا يمكن تصور كيف ان تخمراً يبدأ ويتوقف حالما يكون من الضروري ان يبدأ ويتوقف من اجل تحريك اصابع ضارب الارغن او لاعب اللوث (القصب) وبالسرعة التي يحرك بها هذه الاصابع »

---

(1) ج. غانغلهيم، «La formation du concept de réflexe au XVII^{e} siècles»، باريس، 1955، ص 72.

(نظام الفلسفة ، مجلد II، 1690، ص 538)

2 ـ والنصف الثاني من القرن 17 سوف يكون مفتوحاً امام مسألة معرفة هل السلوك الحيواني يمكن ان يرد الى نوع من الآلية الاوتوماتية ام انه يجب الاعتراف للحيوانات بنوع من النفس. وهي مسألة سيكولوجية فيزيولوجية واسعة، جرى بحثها كثيراً. وفيها تصادم التيولوجيون والميتافيزيكيون والاطباء ورجال الادب (لافونتين خطاب الى مدام دي لاسابلير De la Sablière حول نفوس الحيوانات): ان الديكارتية بتفسيراتها الميكانيكية رأت ان من واجبها التراجع. وضمن ملاحظات شديدة التنوع، وحجج قليلة تتفاوت بقوتها قام اليسوعي پارديز Pardies (خطاب حول معرفة الحيوانات 1672)، والاوراتوري [عضو جمعية كنسية] ج.ب. دو هاميل J.B. DE Hamel (محرك الجسد 1673) ، والطبيب لامي Lamy (خطاب في الاناتوميا 1675) ، وخاصة ويليس Willis (آنيما بروتورم 1672) ينازعون المكننة ويدعون الى حركة طبيعية وحتى الى نوع من الاحيائية. وتدل بعض عناوين فصول كتاب ويليس Willis على طرحه :

الفصل 2 ـ Animan brute esse corpoream et ingeam
الفصل 4 ـ ..De Scienta sive Cogilabone brutorum
الفصل 7 ـ ..Anima corporea sive Brulorum

الا ان كوردموا Cordemoy (تمييز الجسد والنفس ضمن ثلاثة خطابات 1666)، وروهلت Rohault (محادثات حول الفلسفة 1671) أو ديلّي Dilly (في نفس الحيوانات ، 1676) قاوموا هذه النظرية « الجسم الحي Anima Corporea » ولم يريدوا ان يروا في الاحسام الا مجموعات « مائية هوائية » .

« اني ارى مثلاً اننا نملأ كل يوم ساعة دقاقة ولا ارى اننا نعبىء آلة كلب. فقلت له : كل الالات لا تعبأ بنفس الشكل، وليست كلها ذات عوائق او اثقال، كمبادىء لحركاتها. ان ساعة الجيب ذات زنبرك ، لها آلة لادارتها. وبعض مدورات السفود، لها دخان المدخنة يديرها. اما الطواحين فلها الماء والهواء . واما ميزان الحرارة فمحركه الحرارة او البرودة في الهواء وميزان الطقس والارتفاعات تحركه الجاذبية الارضية . وميزان الرطوبة تحركه درجات الرطوبة والحيوانات تحركها اطعمتها، بحيث يمكن القول ان الاتها تعبأ كلما اعطيت لتأكل او تشرب » (روهولت Rohault، محادثات، صفحة 153). لا شك ان روائع البنائين يومئذٍ ساعدت على مقارنة الجسم بالالة « جسم آلة .

« ان التمثال الحديدي الذي استطاع سجين في الزمن القديم، بمهارته ان يوصله بعد عدة الاعيب الى قصر ملك مراكش، لكي يقدم له راكعاً استرحامه، وبعده عاد هذا التمثال الى سجنه، هذا ايضاً امر ملحوظ، وكذلك رأس الآجر الذي صنعه البير الكبير Albert le Grand الذي تلفظ ببعض الكلمات .

والهدف الذي حدده لنفسه م. ريزيليوس M.Reiselius، منذ عدة سنوات، كما اشرنا نحن الى

ذلك في غير هذا المكان، وبعد ان توصل الى تنفيذه. . . هو ايضاً اكثر اثارة للاعجاب. انها ليست حركة خارجية لا عابئة، وتقتصر فقط على بعض اجزاء الجسم والذي اجبر الالة على تنفيذه، مثل كل الاخرين ـ انها عملية شاملة ومشتركة في كل عادات الجسم، واساسية بالنسبة الى حياة الانسان : انها دورة الدم والارواح »(جريدة العلماء، صفحة 501، نهار الاثنين 22 نوفمبر (تشرين الثاني) 1683) .

3 ـ وهناك مسألة اخرى : ان الامتياز الممنوح للغدة الصنوبرية هل هو في غير محله ؟ على هذا سحب المهندس الشيهر والعالم التشريحي والحيواني ايضاً، كلود بيرولت Claude Perrault، سحب قطعاً قطعاً ، من حيوانات مختلفة، نصف طاسة الدماغ، وتوصل، ضمن هذه الشروط الى اكتشاف وظائف اولية للمخيخ (الذي كان مرشحاً لسيادة طويلة) وكذلك للنخاع الطويل (دودة الظهر) . وهكذا زعزع احد دعائم البناء الميكانيكي عند الديكارتيين (وكذلك فعل بذات الوقت كيميائيو التخمير وعلماء البسيكوفيزيولوجيا بالنسبة الى السلوك الحيواني) .

التمييز بين الحياة والفكر في الحياة . ـ واخيراً، وعلى ثلاثة مستويات (انباتي ،دوران الدم، وتحريكي) لمعت فيزيولوجيا القرن السابع عشر بنتائجها اكثر مما لمعت بالتجربة الجريئة والمنهجية التي حركتها

ونذكر اولاً ان الفيزيولوجيا لم تنتظر القرن السابع عشر لكي تتطور : لقد ركز اسسها غاليان Galien وعرف اساس مناهجها. اما العملية الطبية التي تميز بها هذا العصر، فان كانت مدينه الى غاليلي بازدهارها (حتى ان المدرسة الايطالية الشهيرة، مدرسة بوريلي Borelli وبليني Bellini وباغليفي Baglivi، استطاعت تطبيق قوانين الهيدروليك على الحركات وعلى الوظائف العضوية)، ان هذه العملية الطبية قد استمرت بحركة كانت سابقة وموجودة مستلهمة من الفيثاغورية . وعاد سانتوريو Santorio الى مبادىء نقولا دي كوي Nicolas de Cues (دي ستاتيسيس اكسبريمانتيس، 1450) وكان الأول من بين كثيرين الذي لجأ الى آلات القياس : في هذا الامتداد، وضمن هذا الخط، اخترع سانتوريو Santorio سفيغموماتر Sphygmomètre، واستخدم ميزان الحرارة، واوجد ايضاً الستاتيكا الطبي (1614) ، الذي بواسطة مقعد مربوط بميزان، يمكن من وزن ما يبلعه الانسان، وما يفقده او يخرجه من عرق وابخرة. ولكن الشجرة يجب ان لا تخفي الغابة، وبهذا المعنى، ومنذ القرون الوسطى، ولعدة اسباب سرت الدعوة الى تقليص البيولوجيا وقصرها على الميكانيك الخالص، كما دعا البعض الى تشبيه الظاهرات النوعية في الحياة بالكميات (مجال الاشكال) : منذ كتاب كانتيتاباس. . . Quantitatibus لريكار Ricart، حتى العديد من « العدادين » في القرن الخامس عشر والسادس عشر من ليونارد دا فينشي ، حتى مارلياني Marliani .

وبالاختصار لا محاولة تصنيف الكائن الحي تحت عنوان الفيزياء ، ولا وصف الاجسام الحية، ينتميان الى القرن السابع عشر بخاصة. وبالمقابل ان هذا القرن يتميز بجرأة في النهج والطريقة لا مثيل

لها : انها محاولة المكننة الى اقصى حد بعد ان بررتها الميتافيزيا . انه تأويل مُسرف ولكنه خصب لأنه طرد الارواح او القدرات التي لا تدرك ، شجع علم التشريح الهيكلي كما شجع اكثر، بعد تشبيه الحيوان بالجهاز (الساعة الشهيرة او الارغن) كما دعا الى فهمها فهماً كاملاً . فضلاً عن ذلك لم يجهل ديكارت الاتحاد الجوهري بين الجسد والروح ، ولكن هذه الحياة المعاشة ليس لها اية علاقة ، في مجملها ، بنظرية الحياة . ان الوجود وجوهر الوجود منفصلان تماماً لان الثاني يستطيع ان يتمدد بحرية دون ان يتأثر أو يعاق باصطناع الأوّل . وحرر ديكارت فضاءً مفهومياً خالصاً ، كما حرره من المفهومية المحدودة بالمكان .

وهذه البيولوجيا التي لا تستند على الشعور او تجربة الحياة سوف تُحسن من جميع الجهات : من قبل الفيزيائيين الذين لم يفصلوا تحليل الاجسام وتفحص الاحياء (من كلود بيرولت Cl. Perrault الى هويجن Huygens ومن ماريوت Mariotte الى روبر بويل Robert Boyle)، وبواسطة الالات الجديدة، الات العلم التجريدي، وخاصة الميكروسكوب، وبعوامل اعم ايضاً مثل الآلية التي تنشر وتذيع، والعديد من ألجمعيات العلمية التي تكونت، مثل الاكاديميات او حتى الصحف التي نشرت العقيدة الجديدة. وهكذا خدمت المكننة المنهجية غير المحدودة، البيولوجيا : أخرجتها من محورها التجريبي واثارت فيها فيها بعد حساً نقدياً وضعياً سوف يعطلها. انها عاصفة جدلية من الاستخدام والرفض .

ولكي نختصر ايضاً ، ان لم نبسط، يبدو ان الفيزيولوجيا بخلال القرن السابع عشر، كانت سائرة وتركت ارضها التي نشأت فيها : لقد ولدت في ايطاليا، ونمت بصورة رئيسية في القرن السادس عشر حيث ولد التشريح والبيولوجيا التي نتجت عنه. وصعدت الفيزيولوجيا بصورة تدريجية نحو هولندا حيث جددها الميكروسكوب واعطاها وضوحاً (سوامردام Swammerdam وليونهوك Leeuwenhoek). وسرعان ما وجدت في فرنسا ارضها وبهاءها. ولكن التجريبين الانكليز - روبر هوك Robert Hooke (ميكروغرافيا ، 1665) وروبر بويل Robert Boyle(نوفا اكسبريمنتا، 1671 ، ومديسينا ايدروستاتيكا 1693) وويليس Willis ، بانتظار نيوتن نفسه - حولوها ونقلوها من الكيمياء التخميرية إلى كيمياء القوة والطاقة .

وغيرت الفيزيولوجيا سواحلها. وانتقلت بصورة غير محسوسة من الجنوب الى الشمال، من عالم المتوسط حيث تكونت وتصورت الى انكلترا حيث بدأت من جديد.

الفصل الثالث :
الطب

لم يبد القرن السابع عشر، لاول وهلة، ربما، كعصر باهر اذا قورن بالقرن الماضي الذي تخلى عن الطب القديم واتجه نحو طب الملاحظة الدقيقة ، التي هي المصدر الوحيد الممكن للاكتشافات الجديدة. الا ان هذا ليس الا مظهراً لان كل اساليب العمل المستحدثة في عصر النهضة كانت ما تزال تستعمل بعده، الا ان البذور الغنية التي انتشرت قد استخدمت واخذت تعطي ثمارها. واذا كان القرن السادس عشر، قبل كل شيء هو عصر التشريح ، فان القرن السابع عشر كان عصر الفيزيولوجيا، وهو علم مرتبط باحكام بالعلم السابق اي التشريح ولمدة طويلة ، ولكنه لم يكن ليزدهر الا على اساس من المعارف التشريحية المتينة والمقررة بصورة مسبقة. لا شك ان القرن السابع عشر قد عرف ايضاً تشريحيين، ولكن الكتب الكبرى قد كتبت . واذا كان القرن السابع عشر قد عرف اطباء مشهورين ، في مجالات متنوعة ، الا ان هذا القرن الجديد سوف يظل قرن هارفي Harvey، نظراً لان اكتشافه للدورة الدموية الكبرى احدث انقلابات في معتقدات عمرها الاف السنين . اما نتائجه في معرفة الطب الحديث فكانت لا تحصى .

وعلى كل ، نحن وضعنا انفسنا على صعيد أعم، واذا تذكرنا بأن الطب كان مشتقاً من الفلسفة، فان اسماء : غاليليه Galilée وديكارت Descartes وفرنسس باكون Francis Bacon ونيوتن Newton ،ليبنز Leibniz،تستحق ان تذكر، نظراً لما كان لهؤلاء الرجال من اثر على الفكر الفلسفي والعلمي لدى معاصريهم . وتعود مؤلفاتهم، باستمرار الى ذاكرة العلماء وهم يسألون بحرارة عن اسرار الجسم البشري .

I ـ التشريح البشري

ان اكتشاف الميكروسكوب سوف يوسع بشكل ضخم حقل الاستقصاء عند التشريحيين، وسوف يخلق علماً جديداً هو التشريح الميكروسكوبي. ومن بين فروع التشريح هناك فرع علم تشريح العظام ، وهو العلم الذي خضع لمعالجات كثيرة ، ربما لانه كان اسهل تناولاً . الا انهم لم يكونوا يرون فيه الا فصلاً مؤدياً الى دراسة طب العظام .

ان التشريح لم يقتصر دائماً على عمل علماء التشريح . فالكثير من الجراحين بل والاطباء انصرفوا اليه أيضاً . وعظام الجمجمة كانت موضوع أبحاث عديدة ، وخاصة العظم الإسفيني والعظم الغربالي ، وأيضاً العظام ذات الأحجام الصغيرة . وكان مبحث العضلات ذا مقام أيضاً ، فدرست مثلاً العضلات المحركة للعظام الصغيرة . ويبن نقولا ستينون Nicolas Sténon بأنه يجب اعتبار القلب عضلة ، وكان في هذا تجديدٌ كان له وقع كبير

اما البحث في الاوعية الدموية فقد لاقى اهتماماً كبيراً بفضل هارفي Harvey. وجرى التعمق ايضاً في نقاط تفصيلية مثل الدورة الكورونية (التاجية في القلب) كما جرى الاهتمام ايضاً في طبابة القلب. وتنفخ جدران الشرايين لاقى اهتماماً من العديد من العلماء الذين عالجوه أما طبياً واما بالجراحة. ونشير الى خطأ قبل لمدة طويلة، وتناول الشعريات النيرولمفاوية. مما يدل على ان المراقبة الدقيقة لم تكن دائماً مطبقة .

ان علم النيرولوجيا هو احد اقسام التشريح الذي استهوى عالم الطب. فقد انحنى الباحثون باهتمام على الدماغ وعلى المحور العصبي وكذلك الأغشية ، دون الكلام عن المناقشات الطويلة التي تناولت النفس وموضوعها ومكانها. وهكذا لحسن الحظ تطور العمل الذي بدأ به جاك سلفيوس Jacques Sylvius في القرن السادس عشر، وركز توماس ويليس Thomas Willis اهتمامه على الدماغ والاعصاب الجمجمية (وكانت هذه الاعصاب غير معروفة كلها، واسماؤها تختلف عن الاسماء الحالية) ، وركز ريمون فيسنس Raymond Vieussens على نفس هذه الاعضاء وعلى الجهاز العصبي الظاهري الاطرافي. وكانت اعضاء الحس موضوع بحوث لدى الكثير من العلماء . واسس آ.م فالسالفا A.M.Valsalva، بصورة خاصة دراسة تشريح الاذن. اما علم البصريات فلم يقتصر على الاطباء ، بل ان العديد من الفيزيائيين تناولوا موضوع البصريات ومنهم بيرسك Peiresc، والاب شاينر P.Scheiner وماريوت Mariotte .

واخيراً درست الاعضاء الكبرى بتفصيل اكبر. وكان كل دارس يحاول ان يأتي بدقائق جديدة، مثل آ. فان سبيغل A.Van der spiegel بالنسبة الى الكبد ولورانزو بليني Lorenzo Bellini بالنسبة الى الكليتين وج.س. بير J.C.Peyer وج.س. برونر J.C.Brunner بالنسبة الى الامعاء ، وج. ورسنغ J.G. Wirsung وستينون Stenon، وتوماس وارثون Thomas Wharton بالنسبة الى الغدد. ولفتت الاعضاء التناسلية انتباه العديد من الباحثين، وفي طليعتهم ن. هيمور N.Highmore ورينيه دي غراف Regnier de Graaf . واحدى سمات القرن السابع عشر كان ظهور علم الانسجة (كانوا يقولون يومئذٍ التشريح الميكروسكوبي) وكان ذلك نتيجة اكتشاف الميكروسكوب الذي طبع علم تلك الحقبة بطابع عميق . ونذكر أسماء روبر هوك Robert Hooke وانطوني ليونهوك Antony Leeuwenhok ذي الفضول الذي لا يكل ، واسم مالبجي Malpighi الذي ارتكب رغم اكتشافاته المهمة بعض الأخطاء . وطور فردريك رويش Fredrik Ruysch ، عدا عن دراساته في مجال الأنسجة

التشريح الميكروسكوبي فأكمل ، إن لم نقل اخترع ، تقنية الحقنة في الأوردة ، وعرف كيف يحتفظ بالجثث بحالة سليمة ولكنه لم يفصح عن تقنيته .

II ـ الأنظمة الكبرى

الطب الكيميائي ـ ان استعمال الكيمياء في الطب يعود الى باراسلس Paracelse وتلامذته، ولكن هذه الثورة الضخمة هي بعيدة عن الاكتمال. وادخال الاجسام الكيميائية، في الاستطباب ، كان شيئاً آخر غير وسيلة لمنافسة الادوية الغالينية وهنا تكمن ارادة واضحة ورغبة في توجيه الاستطباب وجهة ذكية ، في حين كان حتى ذلك الحين حصيلة اساليب عملية موفقة الى حد ما . ولكن الى جانب الباراسلسيين ، عرف القرن 17 ايضاً رجالاً كان هدفهم الحصول على الحجر الفلسفي، وعلى الذهب المشروب وعلى البلسم الكوني وعلى تحويل المعادن. وتميزت هذه الحقبة بالنزاع الشهير حول الانتيمون والذي يرجع أصله الى القرن الماضي. وكان هذا النزاع بين كلية باريس، عدوة الدواء الجديد وبين دكاترة مونبليه الذين كانوا يحتكرون اماكن الشرف في البلاط ، وكان صراعاً حاداً وظويلاً ـ ودام مئة سنة ـ حيث ساد سوء الظن من الطرفين ، وحيث شوهد غاليليه من جديد ينكر بصورة رسمية المعتقدات القائمة في فضائل المعدن الشهير. ولكن الانتيمون خرج منتصراً، بفضل الملك الذي شفي لانه شرب خمراً مطعمة بالأنتيمون، الامر الذي دفع برلمان باريس الى تزكية الدواء المونبلياني بموجب قرار اصبح شهيراً . واحتلت المانيا ايضاً مكانة مهمة في مجال الصناعة الكيميائية ، كما دل على ذلك انشاء منابر في كلياتها للكيمياء ، تقليداً لفرنسا ، وخاصة مونبليه ، وكانت ايطاليا والدول الاوروبية الاخرى قد عرفت ايضاً بعض الاطباء الكيميائيين انما باعداد اقل. وقام في وجه الغالينيين اعداء التجديد الكيمائي ، امثال غي باتان Guy Patin وجان ريولان Jean Riolan، رجال امثال جوزف دوشن Joseph Duchesne (كرستانوس) Quercetanus وت.تورکت Th.Turquet من مايرن Mayerne . وبين هاتين الطبقتين المتعارضتين تماماً كان هنالك بعض التوفيقيين الاقل تعصباً امثال آنج سالا Ange Sala ودانيال سنير Daniel Sennert .

وهنالك فئة اخرى اشتغلت من اجل اغناء صناعة الادوية بمستحضرات جديدة. وكانت هذه المستحضرات التي نمت وتطورت في كل مكان تقريباً من اوروبا الغربية ، من صنع الاطباء والصيادلة . وكانت تهتم بصورة خاصة بالادوية الكيميائية وكل المستحضرات الاجزائية الاخرى.

وكان البارسلسيون وخلفاؤهم مدفوعين بحماسهم فحاولوا شرح الفيزيولوجيا البشرية ، وبالتالي الاستطباب بتفاعلات كيميائية . وكما يقول الأب ديلوني P. Delaunay ، فإن الإنسان قد أصبح وعاءً للاختبار . وهذه التجربة كانت جذابة ، لأن عمل الجسم إذا كان يرتكز على الكيمياء فان الاضطرابات العضوية تنم ببساطة عن الامراض اما الاستطباب فينشأ حتما مما سبق بفعل عودة العمليات الكيميائية الى وضعها الطبيعي. وكان هذا الشكل من التحليل كاملاً . الا ان الذين كانوا يطبقونه، كانوا يؤمنون ان الفيزيولوجيا والباتولوجيا اي علم الطبابة ليسا الا هذا، وان كل

شيء يمكن ان يفسر عن طريق الكيمياء . ولهذا، واذا كانت بعض النجاحات الموفقة قد شجعتهم على الاستمرار في هذا السبيل، فان محاولات اخرى فاشلة اوقعت النظام كله في الفشل، ومنسية ما يمكن للكيمياء ان تقدمه من افادة. ولهذا كان لا بد من انتظار الوقت الذي اصبحت فيه الكيمياء الخالصة بنياناً قائماً على اسس تجريبية متينة، قبل ان تستطيع من جديد احتلال مكانتها في الطب باسم الكيمياء البيولوجية .

كانت الفكرة الرئيسية عند ج.ب. هلمونت Jean – Baptiste Van Helmont (1644 – 1577) قائمة على ان الحتمية التي تسود الوظائف، كما تسود مصير الجسم البشري، هذه الحتمية تابعة لمبدأ غير مادي اسمه « الروح » (اسم اطلقه الكيميائيون على مبدأ الحياة). وهذه الرَوح تتبعها ارواح ثانوية ترعى عمل الاعضاء عن طريق مفعول الخمائر. ولما كان الغذاء هو اساس الحياة ، وضع فان هلمونت Van Helmont مركز الرَوح الرئيسي في المعدة. وتفسر الامراض باختلال بين الرَوح الرئيسيةوالأرواح الثانوية. وسبب المرض خارجي إذا كان الجسم المهاجم خارجياً عن الجسم وداخلي اذا كانت الاضطرابات وظائفية. ولكن هلمونت Helmont كتلميذ وفي لأبقراط يرى ان السبب الخارجي هو عنصر ثانوي. ان الجسم قد قبل المرض فمرض . وبقول معاصر نقول ان فان هلمونت Van Helmont يضع في المقام الاول مفهوم التربة الصالحة. ومن هذا فالمرض لا يطال الرَوح الثانوية ، بل يطال الجسم باكمله اي الروح الرئيسية . والطبابة تقوم اذاً على مساعدة الرَوح الرئيسية لكي تستعيد سيطرتها على اتباعها لا الاكتفاء بمعالجة المظاهر الخارجية.وكان هلمونت خصماً حذراً لاخذ الدم من الجسم، وللمسهلات لانها تضعف الجسم، وفضل عليها الادوية الكيميائية ومستخرجات الافيون والخمر. ويربط هلمونت الرَوح الرئيسية بالنفس التي تتألف من قسمين نفس غير مادية لا تفنى ونفس حسية تتلف مع الجسد وتشكل غطاءً للاولى .

ويمكن وضع فرانسوا ديليبو François Deleboe المشهور باسم سلفيوس Sylvius (1672 – 1614) على موازاة فان هلمونت لان الهضم والتغذية هما في اساس نظامه فضلاً عن ذلك كان يفسر الظاهرات الهضمية بالتخمير وبالفوران اللذين يسببهما امتزاج الطعام بالريق وبعصارة البانكرياس وبالصفراء . ولكن هنا تقف المشابهة لان سلفيوس Sylvius يرفض كل فكرة الرَوْح. والاضطرابات في الرطوبة التي لم تكن عند هلمونت الا مظهراً ثانوياً تشكل محور النظريات السيلفية .

كل شيء متعلق بالحموضة او بالقلوية، وكانت الحموضة المسيطرة في اغلب الحالات، تولد المرض من خللٍ في هذه الرطوبات. ان الحموضة قد تتفاقم او تصبح غير كافية، او قد يجب استبدالها بالقلوية .

ان الاستطباب ينبثق عنها ببساطة : ويكون في اغلب الاحيان قلوياً ، ويمكن الامر باستخراج الدم وبتسهيل المعدة الذي من شأنه ان يغير في حالة المزاج.

وعرف النصف الثاني من القرن السابع عشر تعارضاً بين الخيميائيين والباراسلسيين وانصار

سلفيوس Sylvius ، وخصوم كل واحد ، في حين انتحى جانباً بعض الأطباء والكيميائيين والصيادلة أمثال نيكولا ليميري Nicolas Lémery وموييز شاراس Moyse Charas فاستمروا في عملهم المفيد مكتشفين أدوية جديدة وناشرين كتباً في الكيمياء ذات قيمة لا جدال حولها .

الطب الميكانيكي ـ حملت تجاوزات الاطباء الكيميائيين بعض العلماء على التصرف للعثور على نظريات اخرى لا تقل اغراءً . وكان للفيزياء نماء سريع بفضل التجربة وبفضل نمو الرياضيات وتطبيقها في هذا المجال. وجرى التفكير يومئذٍ في تشبيه الجسم البشري بآلة وتفسيره بالحساب. وكان هذا مرة اخرى يعني الخضوع في كل شيء لنظامٍ واحد. وادى الاسراف في هذا النظام ، ايضاً الى الوقوع فيما وقع فيه النظام السابق رغم احتوائه جزءاً من الحقيقة .

وفتحت الطريق المؤدية الى هذه النظريات الجديدة، من قبل ديكارت الذي تصور، في كتابه « حول الانسان » (الذي كتب سنة 1632 ونشر بعد ثلاثين سنة) ، تصور الانسان الآلة الذي لا يحتاج الى عوامل خارجية لتأمين مساره. وكانت الفيزيولوجيا والباتولوجيا الديكارتية ذكية ولكنها كانت تشكو من صفتها الاستقرائية . فقد كان ديكارت يسرف في الاعتماد على قوة التحليل العقلي ولذا لم يعبأ كثيراً بالتجربة .

وفي ايطاليا توصلت مدرسة غاليليه الى استنتاجات مماثلة للبيولوجيا الميكانيكية عند ديكارت ولكنها استقرضت من اجل هذا الطريق المنهج التجريبي. وتم ادخال التجربة الكمية في العلوم الطبية بفضل سانتوريو سانتوريو Santorio Santorio (1561 – 1636) الذي امضى قسماً من حياته جالساً فوق ميزان ، يزن بدقة طعامه وخروجه. ومن فرق الوزن استنتج وجود تعرق غير محسوس يؤدي نقصه او زيادته الى حال من المرض . وعرفت نظرياته نجاحاً كبيراً رغم انه كان يفضل ابقاءها طي الكتمان بدلاً من عرضها بالتفصيل. وكان فضله في هذا الشأن انه ادخل في الطب استعمال الميزان ، فضلاً عن ادوات اخرى للقياس مثل ميزان الحرارة وميزان الرطوبة وميزان ضغط النبض . واصبح بالامكان بعد ذلك تقييم بعض الظاهرات الحياتية عددياً . وكان الممثل الرئيسي للنظرية الطبية الرياضية جان الفونسو بوريلي (Gian – Alfonso Borelli (1679 – 1608 ، رغم ان اخرين قبله شبهوا اعضاء الجسم بالاشياء العادية كالمنفخ والمقص والمضخة والضاغطة الخ . الا ان بوريلي Borelli التفت الى التقلص العضلي والى الحركات ، مميزاً بين الانواع الثلاثة من العتلات . وفيما بعد عكف على بنية الخيوط العضلية. واعتمدت ايطاليا بحماس النظريات الجديدة ولكن في بلاد نيوتن عرفت هذه النظريات التطبيق الامثل مستلهمة الجاذبية. اما فرنسا التي كانت تميل الى الطب الكيميائي ، فقد جاءت متأخرة قليلاً . ونذكر بصورة خاصة اسم جورجيو باغليفي Giorgio Baglivi ولورانزو بليني Lorenzo Bellini في إيطاليا وأسماء جان كيل وف. كول J. Keill, W. Cole ، وآ. بتكيرن A. Pitcairn وج. شين G.Cheyne في إنكلترا ، وأسماء كلود بيرولت Claude Perrault ود. دودار D. Dodart بالنسبة الى فرنسا .

ولم يقصر الاطباء الميكانيكيون نشاطهم على التشريح الفيزيولوجي، لان نظامهم لم يكن له الا

هدف : العثور على سبب المرض ثم وصف الدواء الفعال. وحصل هذا بسرعة. ان حدة السائل العصبي، تؤدي عادة الى التقلص العضلي، وتحدث التوتر او الوهن، والاضطرابات الدموية، والانحطاط والالتهابات، وهذه كلها لها اشكال متنوعة تتعلق بالاجزاء الاولى من الامزجة والاخلاط، كما تتعلق بالاضطرابات الناتجة عن تمثل بعض الاجزاء الغريبة او الاحجام المختلفة من الاجسام الخ .

واضطر بعض الاطباء الميكانيكيين الى الاستعانة بالتفاعلات الكيميائية لاستكمال شروحاتهم. وكان بعضهم الاخر ينسى نظرياته امام المريض . ونذكر في هذه المحاولة الاولى للتوفيق بين النظامين الكيميائي والميكانيكي الفكرة انهما لم يكونا كافيين بمفرديهما لشرح كل شيء . فالقوانين البيولوجية تدخل في اطار اوسع من هذا بكثير، ولكن للاسف كان الكثير من المحازبين والانصار محدودي الفهم. فهناك عقائد اخرى حصرية جداً رأت النور وشغلت كل القرن الثامن عشر. وعندما استنفدت كل هذه الانظمة، قام نظام محصل يأخذ افضل ما في كل منها ليشكل تركيباً جديداً .

III ـ الاستطباب الطبي أو المداواة الطبية (الباتولوجيا الطبية)

التشريح الباتولوجي ـ رذز التشريح الباتولوجي او الاستطبابي نفسه كعلم مستقل. ولكنه اقتصر على العلم الميكروسكوبي ولم يأخذ اهميته الحقة الا في القرن اللاحق. انما نشير الى اعمال تيوفيل بوني Théophile Bonet الذي اجرى، مع جان جاك مونجي J.J.Manget، وريشار مورتون Richard Morton وف. سلفيوس F.Sylvius البحوث الاولى حول السلْ الجيبي وحول التجاويف الرئوية في حين درس ريشار ويزمان Richard Wiseman البثور البيضاء .

واذا مرت تجارب ريدي، المعارضة لنظرية الخلق الفجائي، غير منظورة، فضلاً عن اكتشاف جرثومة الجرب من المفيد ان نشير الى ان فكرة وجود الميكروبات وجدت على يد الاب كيرشير P.Kircher الذي تكلم عن مخلوقات حية غير منظورة، في حين ان آ. هوتمن A.Hauptmann شبهها بالدود. واعتقد الاب بوريل P.Borel انه رأى في الميكروسكوب مثل هذه الحيوانات في الاقسام المريضة من الجسم الانساني.

الابقراطية الجديدة ـ صحيح ان الطب الغالياني اعطى ما يستطيعه : ولانه لم يحلل كل المشاكل فقد اتجه الناس نحو افاق جديدة. الا ان المبادىء الأبقراطية احتفظت بقيمتها، باعتبار ان الملاحظة الدقيقة للظاهرات العيادية هي في اساس الطب الصحيح ولكن رأينا ان انصار النظم الكيميائية والميكانيكية بادروا الى الارتفاع فوق الكيمياء والفيزياء من اجل بناء باتولوجية فيريولوجية شبه خيالية . وكان من المستحسن ان يقوم اشخاص ذوو حس بالعودة الى الحقائق الاكثر موضوعية بعد رفض كل ما لا يمكن ان يكون الا من رؤى الفكر. وقد عرف القرن السابع عشر لحسن الحظ اطباء حرصوا على العودة بفنهم الى التراث الأبقراطي . ويجب عدم الخلط بين هؤلاء الأبقريطيين الجدد والغليانيين من القرون الماضية الذين كانوا ممثلين يومئذٍ بعدد وافر، والذين كانوا يرون في غاليان

والعرب مؤلفين يجب اتباعهم على بلاتبصر . فقد كانوا قابعين في ماضيهم ولذا لم يكونوا يساعدون بأي شيء في المسار الصاعد للطب ، في حين أن الأنصار الجدد للأبقراطية كانوا يتولون مهمة بنائه . .

وكان ابرز ممثليهم توماس سيدن هام (1624 – 1689) Thomas.Sydenham . وقد قرأ قليلاً على ما يقال كتب أبقراط فكان أن أعاد اكتشاف قسم من مبادئه وتعاليمه . وكان لا ينتمي الى أية مدرسة وكرس كل حياته لمرضاه في لندن وضواحيها .

وعدا عن هذا العمل التجديدي ، حرص القرن السابع عشر ، وهذا ما يجب ذكره ، على حسن التعريف بالنصوص القديمة اليونانية ، فصدرت ترجمات ممتازة لأبقـراط ولغاليان يومئذٍ .

وقطع سيدن هام Sydenham علاقته بالتراث فاكتفى بملاحظة ما عرض أمام بصره . وعاد الى مبدأ كان عزيزا على أبقراط ، كان غيليوم بايـو Guillaume Baillou قد عـاد اليه بقـوة في القرن السادس عشر ، فأوصى باقامة نظم طبية ، اي اوصى بجمع كتاب واحد يضم الامراض الملحوظة خلال فترة معينة . وليس القصد هنا ، بالمعنى الصحيح ، دراسة امراض موسمية ، لان النظم الطبية المطلوبة تشمل عدة حقب اوسع ، وتشمل احياناً عدة سنوات . وحـده نمط الامراض المـراقبة يحـدد النظام او الدستور الطبي الذي قد يكون أيضاً موسميـاً . وهكذا راقب سيـدن هام Sydenham نـظماً تغلب فيها الجدري وأمراض الحصبة والزنطارية والكريب . وعالج الحميات المتقطعة والحميات المعاودة والحميات الـدائمة وأخيـراً وباء الـطاعون . ومن خـلال أوصافـه لعلامـات المرض وعـلاقاتهـا فيما بينهـا ، وضع سيدن هام مفهوماً جديداً عيادياً للأمراض . وكان من دعاة علم تصنيفي جديد للأمراض . وقد اعتبر سيدن هام ، مثل أبقراط المرض كلاً واحداً . ولذا عالج كلّ الجسم أكثر من مظاهره الخارجية مسـاعداً أو صاداً لردات الفعل الطبيعية ، بدلاً من الحلول محل الطبيعة الشفائية .

اما معالجته فكانت حكيمة ومنطقيـة . ونحن مدينـون له بـاشياء منهـا اشاعـة استعمال الكينـا والافيون .

ورغم انه لم يكن صاحب مدرسة ، فقد كان لسيدن هام هذا تلاميذ اتبعوا نهجـه ، الى درجة ان وضع النظم الطبية اصبح من الامور الكلاسيكية في القرن الثامن عشر وبداية القرن التاسع عشر . والى جـانب سيدن هـام يجب أن نذكـر أيضاً شـارل باربـيراك Charles Barbeyrac الذي ربمـا التقاه في مـونبيليـه ، وهو المركز الاصيل للأبقـراطية الجـديدة . ومن انكلترا ومن فرنسـا امتد التجـديد الى كـل البلدان الانغلوساكسونية والى ايطاليا .

مجموعات المـلاحظات او اوصـاف الامراض ـ الى جـانب هؤلاء الطليعيـين من اصحاب الأبـقراطية الجديدة ، قام اطباء اخرون ، ظلوا في صفوف الاطباء الممارسين ، فنشروا ملاحظاتهم دون ان يحاولوا ان يستخرجوا منها افكاراً عامة . ورغم قصر مدى هذه الملاحظات ، فقد كانت ذات قيمة ثمينة بسبب عدم وجود النشرات الطبية ، وبسبب صدورها ايضاً ، في معظمها عن اساتذة ذوي قيمة ، لا يمكن التشكيك بسلطتهم .

ولم تكن هذه الملاحظات مدونة كما في ايامنا : فقد كان الاستطباب سائداً فيها على حساب عرض الدلائل وتاريخ المرض ، الامر الذي لم يساعد دائماً على تحديد الامراض المدروسة . ولكن اقراراً بفضل هؤلاء الاطباء ، لم يكن بعضهم، مثل لازار ريفير Lazare Rivière يتردد في استخدام اعتباره فينشر الى جانب ملاحظاته الخاصة الطبية ملاحظات الجراحين الذين كانوا محترمين برأيه . وازدهرت هذه النشرات ، في نفس الحقبة تقريباً في كل مكان في اوروبا . انها من صنع حياة بكاملها او هي مجرد ربط للاحداث غير العادية مثل وباء الطاعون . ووصف الممارسون الانكليز الكساح . واكتشف ويليس Willis مادة سكرية في بول المرضى بالسكري . والى جانب الرجال هؤلاء تجب الاشارة الى مجمّعين : السويسري تيوفيل بوني Théophile Bonet والسويسري جان جاك مانجيه Jean-Jacques Manget اللذين آليا على نفسيهما أن يجمعا أفضل كتابات سابقيهما ومعاصريهما في الطب والجراحة والتشريح والصيدلة الخ ، وان يقدّما خلاصة تتيح معرفة حالة الطب في أواخر القرن السابع عشر .

علم الامراض الوبائية ـ كانت الامراض الوبائية يومئذٍ مرهوبة الجانب، وبخاصة الطاعون الذي كان يجتاح مدناً باكملها ، وفي كل مكان من اوروبا . ولم تأت الكتابات العديدة التي ظهرت في هذا المجال بعناصر جديدة قد تمكن من مجابهة هذا الوباء المخيف بفعالية . ولكن الاهتمام بامراض اخرى اقل خطورة ذات مسار وبائي او تكراري لم ينقطع . فبعض الاوبئة كانت قد ميزت عن غيرها مثل حُمَيات البرداء التي كانت معروفة من الاقدمين . ولكن كان هناك حميات اخرى بحاجة الى تحديد ذاتيتها مثل الامراض الطفحية التي كانت في كثير من الاحيان تلتبس مع الحصبة . ويعود الفضل الى سيدن هام بأنه ميز الحمّى القرمزية . ولكن فصل الحميات الواسع بدا أكثر تعقيداً ولذا جرت محاولات لتصنيف اشكالها بالارتكاز الى عنصر مسيطر وجرى الكلام عن حميات دورية ومترددة ومستمرة، وايضاً عن حميات سُباتية، وصفراوية وعصبية ودودية ومخاطية ورشوحاتية يضاف اليها وصف رديئة او خفيفة بحسب الحالات . وكان الكينا بحق عنصراً جديداً ولكنه غير كاف في التصنيف . وقد امكن بعد ذلك الكلام عن حميات تتأثر بالكينا وحميات تستعصي عليه . وفي ما خص الخاصة الوبائية جرى التعرف على التأثيرات المناخية، والجوية والجغرافية، أولى طلائع البحث في الطب الباطني .

وكانت فكرة العدوى قد عرفت ايضاً ، رغم الخلاف الدائم حول اسلوب العدوى في مرض معين : من شخص الى شخص، بواسطة الاشياء او الثياب، او باهواء وفي هذه الحقبة قوي تدبير الحجر الصحي، وهو تدبير قاس ولكنه ضروري . وكذلك جرت محاولات لحماية النفس عن طريق المطهرات العطرية التي لم يخل بعضها من الفعالية ، كما ثبت من دراسة حول الطاعون في مونبيليه من قبل فرانسوا رانشين . في تلك الحقبة كانت كل مدينة في فرنسا او في ايطاليا او في المانيا لها مكتب صحي مهمته الاعلام واستباق ظهور اي مرض رهيب ثم اتخاذ كل التدابير اللازمة لحماية السكان . والى جانب ضباط الصحة، وهم نوع من المفتشين الصحيين من غير الاطباء ، كان هناك جرّاح متخصص بالطاعون . وكانت معالجة هذا المرض يومئذٍ من اختصاص الجراحة اكثر من الطب . وكان جراح الطب مكلفاً بالتوجه الى المكان للتثبت من الحالات المشبوهة، ثم بذل العناية للمرضى بالطاعون

في حالة الوباء . وعدا عن الطاعون يشار أيضاً الى بعض الأوبئة مثل الزحار والتيفوئيد والجدري . أما الجذام فقد تراجع تماماً وأقفلت مصحات الجذام الواحدة تلو الأخرى ، أما السل وكان يسمى يومئذٍ « افتيزي » فقد أخذ يحتل مكاناً أكبر في الاستطباب .

وعدا عن الاوبئة كانت الأمراض الملحوظة عادة في ذلك الوقت، وبحسب التسمية يومئذ : النقرس، الاستسقاء الوسواس او السويداء والرشحات والتقرحات من كل انواعها والجرب والامراض الزهرية التي لم تتفاقم كما في القرن السابق. ولا شك ان ذلك يعود الى ان السفلس لم يعد جديداً ولان المعالجات بواسطة الزئبق كانت تعطي نوعاً من الفعالية .

الصحة والطبابة الجماعية ـ كان من اثر هذه المعلومات حول علم الاوبئة ظهور مفاهيم للصحة . وقد تبدو في الكلمة بعض المبالغة. فقد قيل ان العصر الكبير كان عصر الأيدي الوسخة. ورغم ذلك فقد ظهرت مستشفيات جديدة وخاصة في فرنسا. حيث افتتح لويس الرابع عشر المستشفيات العمومية المكلّفة بان تضم السكان المحتاجين الى الاستشفاء والموزعين حتى ذلك الحين في بعض المؤسسات الصغرى الضعيفة الموارد. وفي حالة الوباء الخطير، كما في الماضي، كانوا يلجأون الى المستشفيات المتخصصة، كما كان الحال بالنسبة الى المصابين بالطاعون، وهذا كان يبرر تدفق المرضى. وكان يوجد ايضاً بعض المستشفيات العسكرية خاصة في المناطق التي تدور فيها الحروب بصورة دائمة . اذا اخذ الجيش يهتم بجرحاه ومرضاه. وكان عند بعض الامراء الالمان موظفون صحيون ملحقون بجيوشهم، ولكنهم في الغالب كانوا يتعاقدون مع جراحين لمدة حملة واحدة. انها مدرسة قاسية هذه الطبابة العسكرية وهذه الجراحة العسكرية. ولكنها غنية بالمعلومات. ولهذا كان الشبان من الجراحين يسعون اليها قبل ان يفتحوا عياداتهم. ونتج عنها ايضاً كتب جراحة عسكرية مفيدة، وبحوث في الصحة الميدانية وفي صحّة الجيوش المحاربة، لا تخلو من فائدة .

الطب الاجنبي الخارجي ـ استخدمت الشركات البحرية الكبرى جهازاً طبياً للعناية بالناس فوق سفنها ، وفي ممتلكاتها البعيدة في الهند الشرقية والغربية. وكان الاطباء في اغلب الاحيان وكذلك المسافرون يكتشفون عند رجعتهم جملة من الامراض والادوية التي لم تكن معروفة حتى ذلك الحين، وهذا ما ادخل فصلاً جديداً في تاريخ الطب هو الطب الاجنبي والخارجي .

وكانت البلدان المسرح لهذه الملاحظات في باديء الامر عديدة. كان بعضها قريباً نسبياً ، مثل عالم البحر المتوسط الشرقي وبخاصة مصر وفارس وكان بعضها أكثر بعداً مثل افريقيا الجنوبية وشبه الجزيرة الهندية والأرخبيل الهندي والصين واليابان من جهة ، وأميركا الجنوبية والبرازيل والبيرو والغويان والانتيل من جهة اخرى، دون الكلام عن المقاطعات القطبية السيبيرية. ولم تكن الدول التي ساهمت في نشر هذه المعارف الجديدة دائماً قوى بحرية. فالى جانب هولندا كان الطب الاجنبي ناشطاً بصورة خاصة في تلك الحقبة بفضل الفرنسيين والالمان .

واذا كانت معرفة الامراض الجديدة يومئذٍ ذات اهمية نظرية فقط، كما كان الحال بالنسبة الى مرض النوم، فقد كان الامر يختلف بالنسبة الى الوسائل الشفائية المستعملة من قبل الشعوب البعيدة

مثل الصينيين والهنود، الذين اغنوا بصورة ايجابية المدخر الطبابي الغربي. ونحن لا نورد كدليل الا ادخال الكي والوخز بالإبر من عند الصينيين والكينا وعرق الذهب، وهو جذر مُقيء من عند الهنود في اميركا الجنوبية دون الكلام عن اشاعة المستحضرات القديمة المعروفة ولكنها نادرة مثل الافيون. وعلى نفس الموازاة كان الاهتمام بالازهار وبالحيوانات في هذه البلدان من قبل اطباء آخرين يهتمون بالطبيعة مفيداً للغاية ان بالنسبة الى المادة الطبية او بالنسبة الى التاريخ الطبيعي.

الطب الشرعي - يمكن اعتبار القرن السابع عشر ايضاً قرن الطب الشرعي، رغم وجود سابقين في هذا المجال اتوا في اواخر القرن الماضي مثل جون وير Jan Wier الذي ناهض معتقدات القرون الوسطى المترسخة التي كانت تقضي بتعذيب البؤساء لاتهامهم بالشعوذة، مثبتاً انهم مرضى دائماً وبحق.

ولكن الطب الشرعي منذ نشأته قام بمهمات متنوعة جداً، لانه اهتم ايضاً بالتسميم وبكل موت مشبوه. وكان الاجهاض والاغتصاب والتخصص في الجراحة والتحليل النفسي الطبي تدخل في مجالها، حتى ان العديد من المؤلفين ساهموا في قيام هذه العلوم الجديدة. ولهذا ايضا استمر بعض الاطباء الشرعيون يؤمنون الى حد ما بالامراض السحرية والامراض الشريرة نظراً لهيمنة القرون الوسطى.

على هذا المظهر الخاص من الطب. ومع ذلك فقد بدأ عهد جديد اكثر موضوعية واكثر علمية بفضل اعمال ج. ب كودرونشي G. – B.Codronchi وسيفيرين بينو Séverin Pineau. ومن بين المؤلفين الذين تقدموا بهذا العلم فيما بعد نذكر فورتوناتو فيديللي Fortunato Fedeli وجوهان بوهن Johann Bohn وج. زيللر J. Zeller وبصورة خاصة باول زاخيا Paolo Zacchia (1659-1584) الذي عرف انتاجه الكامل بمقدار ما يسمح به عصره انتشاراً دائماً. وفي المرتبة الأولى من البلدان التي ساهمت أكثر من غيرها في تقدم هذا العلم نذكر ايطاليا وألمانيا وتأتي بعدهما فرنسا والبلدان المنخفضة.

IV - الجراحة

الجراحة العامة - كانت الجراحة كما في الماضي مفصولة عن الطب. واستمرت ايطاليا وحدها تحافظ على تراث وسيطي خاص لم تتخلص منه ابداً. وهذا التراث يجعل الجراحة تقريباً على نفس مستوى الطب، ويجعلها ولو جزئياً على الاقل تمارس وتعلم من قبل الاطباء. ورغم هذا فقد تقهقر الفرع الجراحي في شبه الجزيرة الايطالية. وقام بلد كان ثانوياً حتى ذلك الحين يحاول ان يأخذ مكانة ايطاليا هو هولندا التي كان جراحوها المشهورون دكاترة في الطب. وبالنسبة الى البلدان الاخرى بقي هذا الفن المعتبر يدوياً، مسنداً الى رجال كانوا مهرة ولكنهم في اغلب الاحيان مشعوذون، وفي كثير من الاحيان جهلة. إذ خارج كلية سانت كوم في باريس لم تكن هناك مدارس جراحية متخصصة. وكانت الدروس في بعض الكليات الطبية نظرية اكثر مما هي عملية. اما كلية سانت كوم فقد كانت شهرتها قد

خبت بفعل الاختلافات المتعددة بينها وبين كلية باريس. وهذه خلافات كانت تذكيها الصراعات الخفية القائمة بين الجراحين من ذوي الاثواب الطويلة والحلاقين، الى اليوم الذي اصبح فيه الاولون بمنزلة الاخرين. وعلى العموم كان الطلبة من الجراحين يتعلمون مهنتهم بوضع انفسهم منزلة التلامذة عند المعلمين المشهورين. في حين كان بعضهم يفتش عن مركز له في الجيش.

وحالة التدهور التي كانت عليها الجراحة لم تمنع بعض الجراحين من القيام باعمال تعيد الاعتبار الى هذا الفن المعتبر بغير حق فناً وضيعاً. وعلى كل لا يمكن مقارنة اي احد بانبرواز باري Ambroise Paré الذي استمر سيد الجراحة، رغم ان غي شولياك Guy de chauliac لم يكن من المنسيين تماماً. والمعالجات في معظمها التي رأت النور يومئذ، مهما بدت كاملة، لم تكن الا ظلاً لهذا العمل الموشح فقط، هنا وهناك، ببعض الكمالات التفصيلية التي قدمها المؤلفون الجدد بفعل ممارساتهم.

وعدا عن الجراحين، استمر الممارسون بالتجربة، وان قل عددهم، يجرون العمليات. ولكن بعض نشاطاتهم مثل الفتق وتكثف العدسة في العين كانت من اختصاص الجراحين بحق. ولكن كان هناك اختصاص، هو استخراج حصاة المثانة لعب عندهم دوراً كبيراً، دون ان يختص بهم بصورة مطلقة؛ وكانت هناك عائلات متخصصة في هذا المجال مثل عائلة كولو Colo وكان اشهر الجراحين في الحصاة جاك بوليو Jacques de Beaulieu الذي عرف النجاح والاخفاق بشكل متتال. وعلى كل فقد تخلى الحلاقون والجراحون عن الشعوذة وحاولوا شفاء مرض الحصوة الذي كان شائعاً جداً في ذلك الزمن. وحسنوا في ادواتهم (وكان أمامهم من الناحية التقنية الخيار بين الالة الصغيرة التي صنعها سلس Celse والالة الكبيرة من صنع ماريانوسانتو Mariano Santo ثم القامة المرتفعة).

ومن بين الدول التي ساهمت اكثر من غيرها في تطور الجراحة العامة في تلك الحقبة كانت فرنسا وتليها البلدان المنخفضة والمانيا وايطاليا. ولكن الشخصيات الاكثر بروزاً لم تكن من ضمن هذا التصنيف بالضرورة إذ بهذا الشأن علينا ان نذكر بيار ديونيس Pierre Dionis الذي عرض منذ 1673 في بستان الملك في باريس «التشريح المفسر عن طريق الدورة الدموية». ونذكر ج.ج. دوفرني — J. G.Duverney من فرنسا وويل هلم فابري Wilhelm Fabry (فابريسيوس هيلدانوس) Fabricius Hildanus ونذكر م. ج. بورمان M.G. Purmann الألماني وم. أ. سفرينو M.A.Severino وسيزار ماغاتي Cesare Magati من ايطاليا وريشار وايزمن Richard Wiseman من انكلترا وف. ديكر F.Dekkers ون. تولب N.Tulp بالنسبة الى البلدان المنخفضة.

والتفت العديد من الجراحين ناحية علم العظام وناحية الاستطباب. وعرفت الجراحة العضلية بعض التجديدات الموفقة مثل الشق المفتوح في الصدر (**ستيرنو كليدو ماستودين**) Sterno – cléido-mastoidien) في الصعر [داء في الرقبة ميس]. وتناولت جراحة الأوعية بشكل خاص الامدم [تنفخ في الشرايين] كما تناولت تضميد الاوعية الدموية. واصبحت جروح الامعاء والفتاق وتضميداتها، والاورام من كل نوع من الامور الشائعة المعروفة، وكذلك الناسور (شارل فيليكس

تاسي Charles Félix de Tassy) . وكانوا يومئذ يجرون عمليات في القصبة التنفسية وكذلك عمليات اكثر جرأة وبصورة خاصة في مجال الامراض النسائية. وعلى العموم كانوا يدرسون ويعالجون بذكاء جروح الرأس والصدر والبطن، وكانوا يثقبون ويقطعون كثيراً انما بنوع من النجاح. وقد حصلت عمليات تدخل اليوم في مجال معالجة امراض الحنجرة والاذن والانف وامراض العين. ودعا سيزار ماغاتي Cesare Magati بنجاح الى استعمال « التضميد النادر » .

واذا كانت جراحة القرن السابع عشر قد قصرت عن ادراك بريق جراحة عصر النهضة ، الا انها ليست اقل قيمة اطلاقاً ، ذلك انها حاولت ان تتمثل بفهم، وان تحسن المعارف الحاصلة سابقاً. ممهدة الطريق امام الاختصاصات التي سوف تتفرد في القرن اللاحق.

علم القبالة او فن التوليد ـ وكان هذا تخصيصاً فعلياً في مجال فن التوليد، رغم ان هذا المجال كان وما يزال مرتبطاً بعلم الامراض النسائية وبعد ذلك الحين اصبح توليد المرأة على يد الرجل مقبولاً او لم يعد يعتبر كارثة في نظر المرأة. وتبارى الاطباء والجراحون في العمل من اجل هذا الفن. وكان علم التوليد منذ بداياته علماً فرنسياً برز فيه اسماء مثل اسم موريسو Mauriceau وبورتال Portal، كما برز اسم قابلة مولدة مشهورة بحق هي لويز بورجوا Louise Bourgeois. ومن بين الدول الاخرى فرضت هولندا نفسها بواسطة هانري فان ديفنتر Henrik Van Deventer. وجاءت المانيا وسويسرا فيما بعد.

وكانت التجديدات مهمة الى حدٍ ما. وكانت الاساليب التي يجب استعمالها في مختلف الحالات قد اخذت تدون ووضعت تقنيات جديدة مثل تقنية موريسو Mauriceau. ولم تعد عملية الولادة تجري بشكل متسرع، وان كان الخلاص منها بسرعة هو المطلب. وبالمقابل، تخلى الاطباء عن العملية القيصرية التي رأت النور في القرن الماضي ، قد تراجعت وتركت بسبب الفشل المتكرّر، على الاقل في فرنسا حيث كان موريسو لا ينصح بها ، في حين انها كانت تطبق في المانيا وفي البلدان المنخفضة كما كانت مقبولة بشكل عام. اما الالتصاق فقد مضى غير منظور في نظر المولدين . ولكن القرن السابع عشر هو قرن الملقط (ملقط الجنين) الذي يعزى اختراعه الى العائلة الانكليزية شامبرلين Chamberlain. وقد احدث هذا التجديد الكثير من الضجة بسبب النجاح الحاصل وايضاً ربما بسبب الغموض الذي احاط بالالة التي حرص اصحابها على اخفائها عن عيون المعاصرين. وقامت محاولة فاشلة في باريس فجعلت فرنسا تعرض عن هذه الآلة . ولكن الامر كان بخلاف ذلك في البلدان الاخرى وخاصة في هولندا حيث اشترى العديد من الاطباء من آل شامبرلين سرهم. وكان لا بد من انتظار بعض الوقت قبل ان يصبح الملقط اداة العموم .

V ـ علم الصيدلة وعلم المداواة أو فن الشفاء

في نهاية هذه الدراسات كلها عرفت الصيدلة انقلاباً بفضل ادخال ادوية جديدة ذات قيمة

فعلية . والدواء الذي احدث ضجة كبرى بدون منازع هو الكينا المستورد من البيرو حيث كان السكان يعرفونه منذ زمن طويل باسم شجرة الحمى . وعبر اسبانيا جاءت « بودرة الملكة » الى فرنسا بفضل اليسوعيين الذين اطلقوا عليها اسمها . ولكن سمعتهم السيئة في بعض الأوساط جعلت استعمالها يتوقف بسرعة . وقد نسيت تماماً لفترة وعادت للظهور في باريس آتيةً من انكلترا حيث توفق روبير تالبور Robert Talbor (طابور Tabor)، وبعد مشقة في فرضها يساعده في ذلك سيدنهام Sydenham . وفي فرنسا أتاح مرض الملك (بفضل العناية الإلهية) وشفاؤه بهذه البودرة المدهشة ، للدواء أن يتغلب على المقاومة والمعارضة الأخيرتين .

اما المستحضر الآخر الذي ظهر يومئذ، فهو عرق الذهب [جذر مقيء]، ومن منشأ اميركي ايضاً ، وقد اعتمد في فرنسا، بعد ان ابرأ. جان اندريان هلفتيوس Jean – Andrien Helvétius، والد الفيلسوف الشهير ولي عهد فرنسا بواسطة هذا العرق. واخيراً كان هناك دواء ثالث اجنبي هو الافيون الذي كان معروفاً منذ القديم، وقد كسب رضى الجمهور، بتأثير جزئي من سيدنهام Sydenham .

ويجب ايضاً ذكر النجاح المدهش الذي ناله الشاي والقهوة والشوكولا وكلها كانت تعتبر من الادوية.

فضلاً عن ذلك ما يزال الشاي ومستخرجاته، وكذلك « المومياء » وهي حبيبة الى قلب باري Paré مستعملة. ولكن المستحضرات من اصل معدني قد تراجعت بصورة تدريجية امام المركبات الكيميائية مثل سلفات الصودا والمنغنيز والبوتاس والاسيدات (الحوامض) والقلويات وكلها حبيبة الى قلوب اهل الكيمياء. وكان الزئبق مطلوباً من اجل الترضيب [استدرار الريق] . وفرض الانتيموان (الاثمد) نفسه بعد حرب طويلة . وظهرت ادوية معقدة بشكل بلسم. واخيراً جاءت ماء الكولونيا. ولكن المخزن الطبي سوف يستكمل بالمواد الغازية. فمرهم دي ريفيير de Rivière الذي ما يزال مستعملاً حتى ايامنا مثل على ذلك. نشير ايضاً الى دخول المغناطيس في معالجة الاوجاع .

تقنيتان جديدتان ـ الى هذا المجمل يجب ان نضيف تجديدين مهمين : الزرقات الطبية ونقل الدم . هاتان التقنيتان الجديدتان الطبيتان ظهرتا بذات الوقت وقد سار حولهما جدل متنوع . واذا كانت الزرقة الطبية في الوريد قد بقيت كوسيلة استطبابية، فان نقل الدم، الذي حققه الانكليز والالمان والفرنسيون والايطاليون، قد منع بسرعة في فرنسا وفي ايطالية بعد الحوادث المميتة التي حدثت بعد النتائج الاولى الباهرة. ومن بين الدعاة لصالح الزرقة الطبية في الوريد نذكر الانكليزي كريستوفر رن Christopher Wren ومعاونيه ونذكر الالمان ج. د. ماجور J.D.Major وم. اتمولر M.Ettmuller . ومن بين المدافعين عن نقل الدم نذكر من بين آخرين الانكليزي ر. لور R.Lower، والايطاليين ج. كولي G.Colle وف. فولي F.Folli والفرنسي ج. ب. دينيس J. – B.Denis .

VI ـ الحياة الطبية

وهكـذا، وبعكس ما يمكن ان يعتقـد، كان القـرن السـابـع عشر فتـرة خصبـة في الكثير من النواحي، وبصورة رئيسية في مجالات مهملة او غير معروفة من رجال عصر النهضـة . لقد كـان فعلا عصر علماء . ولم يعد الطب حكراً على بعض الاساتذة وعلى بعض المدارس. وقد تمت الاكتشافـات المهمة، بصورة عملية، بآن واحد في جهات اوروبا الاربع. واصبح الطب بصورة تدريجية علماً كونياً . وتميز البروز العلمي الذي ظهر يومئذ، بظهور اكاديميات، وجمعيات علمية اخرى، خاصة في ايطاليـا وانكلترا وفرنسا والمانيا. وقد حرصت هذه الجمعيات وبعض الافراد من الخـاصة عـلى تعميم نتائـج اعمالهم خارج مدنهم. وكان هذا هو السبب في قيام الصحف والمجلات الطبية والعلمية التي نشرت بسرعة عبر العالم الفكر الطبي السائد يومئذٍ . نذكر أنّ مؤسس الصحافة تيوفراست رينودوت Théophraste Renaudot كان طبيباً ، وان أطباء آخرين كرسوا قسماً من نشاطاتهم لنشر أوراق ، منها ما لم يستمرّ . منهم في فرنسا ج. ب. دينيس J. B. Denis ونيكولا بليني Nicolas de Blégny وخلفاؤهما

وبالمقابل عرف التعليم الطبي اتساعاً لم يعرفه من قبل. فالى جانب المدارس القديمة في باريس ومونبليه وبولونيا وبادو وبيزا وبافي وكامبريدج واكسفورد ولوفان وتوبنجن وهيدلبرغ وبال، ظهرت أخيراً دفعة مدهشة من المدارس الجديدة، وخاصة في ألمانيا وإيطاليا حيث حرص كل اميران تكون له جامعته الخاصة ، أما لأسباب سياسية أو فقط وطنية أو لدوافع دينية .

وكانت اشهر هذه المؤسسات الجديدة هي جامعة ليد في البلدان المنخفضة والتي عرفت نجاحـاً باهراً . ولم يهمل الطلاب من اجل المدارس الجـديدة المـدارس القديمـة التي لم تضعف شهرتهـا والتي عرفت اقبالا مهماً من الزوار الاجانب. وقد كان عرفاً سائداً ان يبدأ الطالب تعليمه او ان يكمله برحلة كبيرة ماراً في فرنسا وهولندا وسويسرا وايطاليا وحتى انكلترا. وعلى كلٍ كان كل فرد يفضل ان يعود الى وطنه لكي يأخذ منه شهادات الدكتوراه .

من خلال تداخل الشعوب الذي عرفته القرون الوسطى يضاف ايضاً تداخل في الافكار زادته المطبعة والصحافة تفاقماً ، محولة بصورة غير محسوسة، التعليم الفريد جداً الذي كانت تعلمه المدارس الوسيطية الى طب وحيد بدت حسناته ملموسة واكيدة ولكن سحره ربما كان اقل.

الفصل الرابع :
علم النبات

اصبحت العادات اكثر فاكثر ضماناً : فعلم النبات تحرر من النشـاطات التي التبس بهـا دائماً، وحاول ان يمشي مستقيماً ، وعن معرفة الى الغاية : حدد ووصف وصنف ضمن مجموعات، النبـاتـات ليس وفقاً لفضائلها ، (الصحيحة أو المفترضة ، وبالنسبة الى الانسان) أو لأصلها بل نسبة الى خصائصها . وكان اشهر نباتي في النصف الاول من القرن، جونغ (1587 – 1657) Joachim Jung من هامبورغ، وكان ممثلاً صحيحاً لهذا العلم الفتي . والواقع انه قلما اهتم بالناحية العملية او باضافة معلومات جديدة بل اهتم اكثر بصياغة الاسس النظرية لعلم ما يزال حائراً . ورغم انه لم ينشر شيئاً في حياته[1]، فقد كانت اقواله مسموعة بصورة باكرة . وبعد 1660 اخذت كتاباته تنتشر بصـورة خفية، واخذت تفعل فعلها الحاسم في افكار مؤسسي المنهجية : ر. موريسون R.Morison وجون ري John Ray اولاً ثم ليني Linné تالياً . وكان جونغ Jung يلقب بسيزالبينو Cesalpino الجديد، ولكنه كان معاصراً لغاليلي وديكارت، وكان يعتبر من حيث المبدأ معارضاً لارسطو.

وناهض الفكرة التيولوجية القائلة بالتجسيمية اي يعزو الصفات البشرية الى غـير العاقلين. ولم يؤمن بالخلق الفجائي . وفي علم النبات رفض احد اقدم المواقف الـراسخة ظـاهراً : موقف الايمان الشامل بصحة تقسيم النباتات الى اشجار والى اعشاب . كان جونغ Jung عالماً موهوباً ، وان كان قد جاء بقليل قبل عصر التحسينات البصرية او على الاقل قبل استخدامها استخداماً علمياً . وكان يفكر كرياضي وكان يلتزم بالدقة وبالعمق اللذين كانا غير معروفين حتى يومئذٍ في تحليل الاشكال . واليه يعود فضل ادخال الكثير من الكلمات المحددة المعنى في علم النبـات ، والتي ظلت معتمـدة مثل الكم او غلاف الزهرة ومثل العرق او الضلع ومثل السويقة او العنق ومثل ما بين العقدتين . وجونغ Jung هو الذي حدد لاول مرة، بعد ان استعمل مفهوم التناظر، الجذع والورقة، وخاصة الورقة المركّبة (وايضاً مواقع الورقة على الغصن او الجذع) .

---

(1) أمّا كتاباه الشهيران فهما « بلانتيس دوكسوسكوبيا فيزيكا مينوريس » وقد صدر سنة 1662 ، و« ايساغوج فيتوسكوبيا » وقد صدر سنة 1678 .

وقد خلفه خلفاء جديرون به امثال ر. موريسون .R.Morison وج. ري J.RAY ، وتورن فورد الذين ملأوا بشهرتهم النصف الثاني من القرن السابع عشر. ولكن هؤلاء النباتيين لم ينصرفوا، بعد كل حساب، الى العلم، بل الى المنهجية. يجب ان نرى الاصالة الحقة لهذه الحقبة المدروسة. لقد ميز جونغ Jung في السابق بين عدة مجالات داخل علم النبات. وكان لا بد من مرور سنوات قليلة حتى يقوم علماء مثل مالبيجي Malpighi وغرو Grew، ور. كاميراريوس R.Camerarius باكتشافات مهمة في حقول كانت غير مكتشفة بعد، وذلك بفضل التقدم التقني (الميكروسكوب)، والمنهجي (الطريقة الكمية والتجريبية) والفلسفي (قلب نظريات ارسطو، بصورة خاصة فيما يتعلق بالتغذية؛ الاعتراف بوحدة الكائنات الحية بحكم انها آلات) . انه قرن عظيم، حقاً ، رأى، مع فان هلمونت Van Helmont ومع جونغ Jung وخاصة مع ماريوت Mariotte او مالبيجي Malpighi، نقل الاهتمام نحو الدراسة الوضعية لوظائف النباتات.

وكما اشار بصواب انيس اربر Anges Arber ، لقد طبع شخص اسمه غرو Grew، وبثبات ما سوف تكون عليه المبادىء الجديدة للفكر النباتي : ان الجمال الخفي الذي اكتشفه الميكروسكوب، الا يدل على ان النباتات لم تخلق ابداً لصالح الانسان او لأنسه. اليست هي كما هي مستقلة عنه، سواء كان له أم لم يكن له العقل والوقت الكافي والقدرة على فهم كيفيتها ؟.

ان دراسة بنية النباتات اصبحت حجة جديدة تدعم مفهوماً موضوعياً للطبيعة. وعندها ما هو دور السمات والبنيات ؟ كتب جون شيلر J.Schiller يقول: « ان العلاقة الوثيقة بين البنية والوظيفة هي المفهوم الذي يسيطر على الفيزيولوجيا في النصف الثاني من القرن السابع عشر».

وعلى نفس النسق بدأ مفهوم قيمة تصنيف النباتات يفرض نفسه. وسوف يتيح نمو علم الاشكال (المورفولوجيا) ، والتقدم الحاصل في مجال معرفة عملية التوالد، ازدهاراً سريعاً لعلم التصنيف. واصبحت الزهرة فجأة سافرة سواء في تكوينها ام في وظيفتها : وبامكان ليني Linné ان يأتي .

الفيزيولوجيا النباتية - هناك اسلوبان للعمل في مجال علم النبات : هكذا قال كلود بيرو Perrault عضو الاكاديمية الملكية للعلوم في باريس، في كانون الثاني 1667 ، احد هذين الشكلين يعود الى التاريخ (علم التصنيف) والاخر يعود الى فيزياء النباتات (فيزيولوجيا) ورسم في اطار هذا العلم الاخير برنامج دراسة ميكروسكوبية وتجاربية من اجل زيادة المعرفة (بما يساعد على ولادة وتغذية النباتات وما فيها من مظاهر اخرى ملحوظة) . هذه هي المواضيع الكبرى المحددة: التوالد او الخلق، النمو، الغذاء. وكانت هذه المواضيع لم تناقش منذ القدم. والآن تم السعي الى اخضاعها لتجربة الميكروسكوب والتحليل التجريبي. والشيء الذي لفت النظر في هذه الحقبة، حقبة بدايات الفيزيولوجيا النباتية ، هو الرغبة في معرفة حقة لداخل النباتات ولخصائصها . وبدأ التشريح . واخذوا يستعملون كل وسائل كيمياء كانت ما تزال طفولية، وخاصة الحرق او الترميد من اجل فهم اكبر للتركيب الداخلي للنباتات. وكتاب « مذكرات تستخدم لتاريخ النباتات » المحررة من قبل د. دودار D.Dodart، بمساعدة اكاديمين اخرين فرنسيين (كلود برو Claude Perrault وماريوت

Mariotte، وبوردلين Bourdelin، وف. دولاهير Ph. de la Hire، ومارشان Marchant الخ، سنة 1676 او 1675)، هؤلاء جميعاً اثبتوا ماهية علم النبات، في انجازاته واساليبه ومشاكله ومشاريعه. وكمستند، اول ربما، حول التحليل النباتي الكيميائي، وبصورة خاصة دور هذا التحليل في خدمة التقدم في علم التصنيف، سجلت هذه النشرة مرحلة :

يقول دودار Dodart : « نبالغ كثيراً ان رفضنا الافتراضات التي يمكن استخلاصها من السمات الخاصة جداً، ونفسح المجال قليلاً الى اقامة بعض الاشكال الجديدة وبعض الانواع الجديدة. . » .

ولكننا لا نحس هنا وبصورة واضحة بالارادة الفيزيولوجية التي نجدها في احدى « محاولات » ماريوت Mariotte بعد عدة سنوات. الواقع، وقد اشرنا الى ذلك كثيراً كانت الاعمال الاولى للفيزيولوجيا النباتية التجريبية قد قامت بفضل ج. ب. فان هلمونت J.– B. Van Helmont، ووصفت من قبله في كتابه « اورتوس مديسينا Ortus Medicinae » بعد 1648. وقد عرف فان هلمونت Van Helmont، مستوحياً بحق، نصاً لنقولا دي كوْي Nicolas de Cues (كتب حوالي 1450)، كيف يبين تجربته وفقاً لاسلوب كمي كله حداثة، وفيه تدخل الرقابة على المتغيرات .

ويمكن القول، ان نحن تجردنا من العصور القديمة (غاليان) ان فان هلمونت Van Helmont قلما سبق في هذا الطريق الا من قبل الطبيب سانتوريو، من بادو، الذي كان يطبق الاسلوب الكمي منذ بداية القرن السابع عشر. وقد استنتج فان هلمونت، ضد ارسطو الذي كان يؤمن بوجود اطعمة جاهزة في التربة، ان النباتات تستمد غذاءها من الماء (وهو أحد العناصر الأربعة عند امبيدوكل Empedocle بعد الهواء والأرض والنار، التي تشكل المادة) .

ومضت عشرون سنة قبل ان يعاد الى الموضوع. وفي سنة 1668، وبعد ست سنوات من نشر نظرية ديكارت حول الانسان الآلة، شرع فيزيائي كبير هو الكاهن ادمي ماريوت Edme Mariotte (1620؟- 1684)، في تطوير افكاره حول المسائل الكبرى في الفيزيولوجيا النباتية. وكان ماريوت Mariotte ديكارتي مؤمن بالاسس الميكانيكية في الحياة. وسوف يقدم في سنة 1679 افضل كتاب عن الفيزيولوجيا النباتية في القرن السابع عشر. وظل هذا الكتاب اساسياً حتى صدور كتاب : « ستاتيكال اكسبريمنت Statical Experiments » لستيفن هال Stephen Hales (1727) : وقد دمج هذا الكتاب في كتاب محاولات حول الفيزياء (وفيه ثلاث) او مذكرات لخدمة العلم بالاشياء الطبيعية. وكان عنوان الكتاب دالاً عليه : محاولة « زرع النباتات » تعالج بكفاءة غير مسبوقة مسائل صعود النسغ والغذاء المعدني والنمو. ودرس ماريوت وهو مقتنع بالطبيعة الفيزيائية في الحياة، درس هذه الحياة مثل خصائص الهواء والحرارة. وهو كفيزيائي رفض ارسطو ودعا الى تصور للخلق المفاجىء. لا توجد نفس بوانية، ولا يوجد ايضاً سبق تكوين للنبتة في البذار كما يعتقد مالبيجي Malpighi . ونجد عند ماريوت Mariotte العناصر الاولى لنظرية ذرية حول الخلق وحول النمو وهي امور عاد اليها موبرتوي Maupertuis وبوفون Buffon ثم دارون Darwin .

وفيما خص التغذية المعدنية وضعت مبادؤها بصورة واضحة وبعبارات واثقة. فالنار كعنصر، مستبعدة. كتب ماريوت يقول: « اعتقد ان النار مؤلفه من نفس العناصر التي تكون المواد الملتهبة ». ولا يأخذ ماريوت الا بالارض والماء والهواء. ان النبتة تستمد من التربة « المبادىء الكبيرة والمنظورة »، وهذا ما نسميه بالعناصر المباشرة : وهي تتكون من نماذج العناصر الابسط ، الناتجة عن اتحاد العناصر النهائية التي لا يستطيع اي « تحايل ان يراها ». ونعثر بالفعل بالنباتات ، على المبادىء المكتشفة في الارض . وسنداً لماريوت تتكون هذه المبادىء انطلاقاً من ذرات الهواء المعرضة لتأثير البروق . وبعد ذوبانها في الماء تنتقل الى الارض حيث تمتصها الزغبات الماصة في الجذور ويحملها النسغ . وقد جرت تجارب منها التطعيم مثلاً فدلت على ان النباتات بذاتها هي التي تستخدم بحسب انواعها العناصر الكيميائية الاولية وهي التي تصنع المادة الملائمة لها : ان الغذاء لا يكون مصنوعاً بصورة مسبقة ، وكذلك النطفة . ان كل نوع نباتي هو آلة خاصة تستخلص وتركب مادتها الخاصة .

ولكن كيف تشتغل هذه الآلة ؟. لم يكن ماريوت Mariotte بهذا الشأن موهوباً مثل مالبيجي Malpighi الذي اعطى للورقة دورها كعضو اساسي في التغذية . وقد لاحظ ضغط النسغ وعرف وجود نوعين من النسغ ولكنه قلما فهم الظاهرات كما فعل بيرو Cl. Perrault (1613 – 1688) الذي اشتهر في سنة (1668) عندما تخيل نظرية دورة حقة شبيهة بدورة دم الحيوانات . ويجب ان يسجل لصالح ماريوت انه لاحظ اهمية عامل النور، وانه رسم علم بيئة نباتية، وذلك عندما لاحظ بذكاء عدداً من الاحداث المتعلقة بتكيف الانواع، وبدور الندى، الخ .

وكانت نظرة مالبيجي هي الاصح ، بعد ان جرَّ الى فكرته حول الورقة بالملاحظة العقلانية للنطفة ، وكانت نظرته يومئذ صائبة حول ما سمي فيما بعد دورة النسغ . وكان يرى وجود حركة في الجذر تنزع نحو الاعلى من الشجرة، وحركة اخرى تنطلق من الاوراق نحو الاعضاء الاخرى . ولكنه للاسف غفل عن دور الاوعية حين شبهها بالقصبة الهوائية عند النباتات .

وقد وجدت في القرن السابع عشر ملاحظات كثيرة مهمة جداً تتعلق بالفيزيولوجيا كان لا بد من جمعها يوماً ما . وبين الايطالي ج . اروماتاري G.Aromatari في كتابه « جينراسيوني بلانتاروم De Generatione Plantarum » (1625) ان النطفة لم تكن الا نبتة مصغرة، وشبه المواد الاحتياطية مثل الزيت والاليرون (مادة في بزر النباتات) شبهها بالزلال في الحيوانات .

ودرس العديد من العلماء حركة النباتات . ولاحظ بورلي Borelli وآ. كاميراريوس A. Camerarius تهيج السداة (عضو الذكورة في النبتة لدى نبات القطاني) في حين ان هوك Hooke تعلق بدراسة أناتوميا وفيزيولوجيا أوراق الميموزابيديكا .

اعطى ج . ري J. Ray في كتابه « تاريخ النبات » مكانة مهمة لحركات الاوراق، والازهار، والسدات (اعضاء الذكورة في الزهرة) ؛ ودرس منهجياً ردات الفعل تجاه الحفز، حفز اوراق البقول، وحاول ان يفسر هذه الظاهرات بالوجود المحتمل الاشكالي لتوتر ميكانيكي في الانسجة، يتغير مع

الحرارة. وحقق جان كورنوت J.Cournut من جهته، ابحاثاً مفيدة حول تفتح الزهر بحسب درجة الحرارة، ودرس الحركات الدورية لاوراق الروبينية، ظاهرة كان لِيِّني Linné سماها نوم النباتات.

وفي سنة 1660 نشر روبرت شاروك Robert Sharrock تجاربه حول انحناء الجذع باتجاه الضوء. وفي سنة 1700 عاد دورار الى هذه التجارب، وعممها وتفحص بشكل اخص مفعول الجاذبية الارضية على نمو الجذور والاغصان موضحاً بالتالي فكرة الانجذاب نحو الارض.

بنية النباتات ـ اتاح اختراع الميكروسكوب المركب وتحسين الميكروسكوب البسيط اجراء الاعمال الاولى حول التركيب الداخلي للنباتات، والاكتشافات الاولى المتعلقة بالاجسام غير المنظورة بصورة طبيعية

وتكون التشريح النباتي بعد الجهود المتناوبة تقريباً التي قام بها علماء من ذات الصنف من العظمة: كان هناك عالمان ميكروغرافيان، الفيزيائي الانكليزي روبر هوك Robert Hooke (1635 – 1703) ثم العصامي الهولندي انطوني فان ليونهوك Antony Van Leeuwenhoek (1632 – 1723)، وطبيبان مارسيل مالبيجي (1628 – 1694) Marcello Malpighi، ثم نهيميا غرو (1712-1641) Nehemiah Grew. عند هوك الذي نشر كتاب الميكروغرافيا 1665 كما عند ليونهوك Leewenhoek الذي عرف بأعماله بشكل رسائل أرسلها الى الجمعية الملكية، وبعد 1673 اكتمل العلم المعني بشكل مدهش، إنما ممزوج بعلوم أخرى. ودون أن يعرف نفسه كعلم. ويعود الى هوك الفضل في نشر الملاحظات الأولى (قبل مالبيجي بعدة سنوات) حول النسيج الخلوي، وبالمناسبة الفلين المتكون من خلايا صغيرة تقتصر على قشرتها؛ وانه قدم الدراسات الأولى عن أشياء متنوعة: بذور، بوغات [جسم صغير في الفطر وظيفته احداث التناسل اللاشقي]، الفطور الدنيا، الطحلب البحري، والأخشاب المهترئة الخ.

وصوره للطحالب المكبرة جدا، ملفتة بشكل خاص. أما ليونهوك Leeuwenhoek من جهته، وهو اعظم ملاحظ عرف، فله الفضل في اكتشاف البروتوزوير والبكتيريا (كليفور دوبل) Clifford Dobell، فقد نشر اولى قِطع الخشب، ووصف الاوعية المنقطة والمشبكة التي اشار اليها هنشو Henshaw، كما وصف ترتيب الضمم النجبية الخشبية عند الحبوب ذات الفلقة الواحدة (مونو ـ كوتيلدون Monocotylédones) وعند ذات القطعتين [كالفاصوليا] او الفلقتين. وفي كتابه نجد اولى المراجع الدالة على وجود البلورات عند النباتات (الملاحظة في جذر ايريس فلورنتينا Iris Florentina)، ووجود الاميدون (النشاء) في بعض الطحين.

ورغم الاهمية الرئيسية في هذه الاعمال، فانه لو كان علينا ان نحدد تاريخاً لبدء التشريح النباتي، فاننا نختار سنة 1672، السنة التي تلاقت فيها البحوث المتقارنة التي قام بها كل من مالبيجي Malpighi وغرو Grew منذ 1663 و1664، امام الجمعية الملكية. وكان هذا اللقاء حدثاً عظيماً، لقاء هذا الكتاب الصغير غير المعروف: تشريح النبات The anatomy of vegetables begum

ومخطوط مالبيجي Malpighi، آناتوم بـلانتاروم ايـديا Anatomes plantarumidea المنشـور سنة 1675 في القسم الاول من اناتوم بلانتورم. . . Anatome plantarum. . هذه المؤلفات ـ بفعل وحدة مسارها الاجمالي، ورغبة في ابراز قيمتها، مضافة الى توافق غريب في الحركات زمانياً ومكانياً ـ تدل تماماً عن وعي جديد للغاية. فمنذ 1654، اشار فرنسيس غليسون Francis Glisson، في كلمة حفظها غرو Grew، الى الاهمية المحتملة لتجاوز التشريح الحيواني من اجل الوصول الى تشريح عام ومقارن. ان هذه الرغبة بالذات في علم يتناول بنيـة كل الكـائنات الحيـة نجـــدها عند غـرو Grew وعند مالبيجي Malpighi، اللذين انطلقا من التشريح الحيواني. ان هذا العلم لا يمكن ان يكون من فعل الميكروغراف مهما كانوا عظيمين وملهمين حسب طريقتهم. في سنة 1682، ظهر العمل الكبير، عمل غرو: «اناتوميا النباتات» The anatomy of plants؛ لقد نشر القسم الثاني من اناتوميا بلانتاروم Anatome plantarum لمالبيجي Malpighi سنة 1679. وفجأة بعد 1672 و1682 تلقت الاناتوميـا [التشريح] النباتية اسمها بصورة رسمية: وهي ما تزال قائمة حتى اليوم.

ان تقـديمات مـالبيجي متعددة: اكتشـاف الاوعية الحلزونيـة (1663)، الاجهـزة المصـاصـة، الانسجة الحلابة، ونقطات القصيبات او المجاري الشعرية في خشب الإشجار الصنوبرية، الخ. ومنها الاعمال الاولى المهمة حول الجرب بانواعـه؛ الاوصاف التي تتنـاول انسجة اللحـاءات والاخشاب. وبصورة خاصة الدراسات الاساسية حول النمو، وبصورة خاصة بنية البذور واستنباتها، وما نتج عنهما من فصل وتقسيم النباتات ذات الزهر الى فئتين: وحيدة الحبة او الفلقة ومزدوجة الفلقة.

وقدم مالبيجي ايضاً تقديمات من نوع آخر. واذا كانت تدرج في سلبيات العلم، فـان التفكير المعارفي يتمسك بها ويهتم بها: انها بالذات النواقص (مثل الفكرة بسبق التكوين داخل البيضة) او مجرد القصور ما نجده في منقلب كل اكتشاف عظيم.

لماذا شبهت الاوعية المدورة، التي لحظ وجودها في جزء من خشب الكستناء بالقصبات الهوائية في الحشـرات، ونظر اليهـا وكأنها «انـابيب» هواء مخصصـة للتنفس؟ ولماذا لم يفتش، في الانسجـة الحيوانية، عن القُريْبات (أو خلايا هوك Hooke) التي تشكل الأنسجة النباتيـة والموصـوفة بـأنها ملتحمة فيها بمادة يمكن تذويبها بالغليان؟.

الجواب يبدو بسيطاً. في الحالة الاولى، المقارنة تتناول وظيفة معروفة وغير مفهومة بمجملها: من هنا، وبآنٍ واحدٍ، الاهتمـام بها والخطأ في الحكم بشـأنها. وعلى العمـوم، ان المشابهـات الوظيفيـة (مجال التنفس والدورة الدموية، والتناسل) هي التي ادت الى البحث عن المقارنات البنيويـة. لهذه الأسباب لم يحاول الدارس للانسجة مالبيجي (وهو مكتشف الشعيريات) ان يبحث عن «القُريْبات» عند الحيوانات (حيث ملاحظتها تبدو أصعب).

وكان لا بد من انتظار قرن ونصف وتطور الافكار تطوراً كافياً حول التوالد والنمو الى ان تجمعت الظروف الضرورية من اجل صياغة النظرية الخلوية.

ولم يكن تأليف غرو Grew في التشريح النباتي اقل اهمية من تأليف مالبيجي Malpighi. واذا كان غرو Grew قد بدا اقل اهمية من هذا الاخير فيما يتعلق بتصور الطبيعة الخلوية للانسجة، فان ذلك لا ينفي عنه أن يكون صاحب عدد كبير من الملاحظات الجديدة المتعلقة بعلم الأشكال، والتي تتناول ترتيب وشكل وبنية كل اجزاء النبتة : الجذر، الجذع، الورقة، الزهرة (فقد كان اول من صور حبوب اللقاح او الطلع) والثمرة والحبة (فقد ميز بوضوح بين حبات السويداء « البومين الثمرة »)، ثم البراعم. كما انه افتتح بشكل خاص نهج تقديم قطع الخشب، بحسب الاوجه الثلاثة: العرضي والنصف قطري والمماسي او الإعتراضي (المنحرف) وادرك مبدأ عمل المنطقة القلبية، وعرف كيف يكتشف موقعها بين الخشب واللحاء . ومن ميزاته ايضاً العظيمة، انه اكتشف اعضاء الذكورة في النبات وميزها .

كاميراريوس Camerarius **والشقية النباتية** - يعود الفضل في اول تبيين للشقية النباتية (الجنس) الى الالماني رودولف ج. كاميراريوس (1665 – 1721) Rudolph J.Camerarius. قبله، ومنذ العصور القديمة كانت الفكرة معروفة. وفي بعض الاحيان جرت تجارب. ورغم ذلك بقيت الامور حتى غرو Grew (وحتى توماس ميلنغتون Th. Millington) سنة 1682، مقصورة على الوقائع المعزولة المفردة وبدون نتائج بعيدة المدى. وانطلاقاً من هذا التاريخ تغير شيء ما. فبعد –(1686-1688) تبنى جون ري John Ray الاراء التي اعلن عنها مواطنه العظيم. وبعد ذلك بقليل، وبالاتفاق مع غرو Grew، اخذ القيِّم العام للبستان النباتي في اوكسفورد، جاكوب بوبار Jacob Bobart، يجري تجارب على نباتات ذات « جنس » منفصل، (ليشنيس ديواكا Lychnis dioica). وفي سنة 1691 نشر اليسوعي الايطالي ف. بيوناني F.Buonanni لوحات تمثل حبوباً لقاحية ملتصقة بالشقوق في نبتة اسمها غيموف Guimauve ونبتة اسماها فاليريان Valériane .

وها نحن في سنة 1694 : وضع كاميراريوس Camerarius في رسالة شهيرة (ابيستولا دي سكسو بلانتاروم Epistola de sexu plantarum) ان الزهرة تحمل اعضاءً تناسلية ، وان هذه الاعضاء يمكن ان تنفصل فوق نبتات مختلفة (شجرة توت، شجرة حلبوب) او يمكن ان تجتمع في نفس النبتة (خروع ،ذرة)، وان تعاون « الاجناس » ضروري لانتاج الحبوب الخصبة .

ووضعت اعمال كاميراريوس، اضافة الى اعمال الفيزيولوجيين والمشرحين، اسس نظرية عامة؛ هي هنا نظرية الشقية الجنسية كوظيفة مشتركة بين الحيوان والنبات. ومرة اخرى ايضاً كانت الانطلاقة من فرضية تقول بالمماثلة الوظيفية . وفي هذا المجال من التوالد، حيث كانت العوائق اقل تقنية مما هي مفاهيمية، تم الذهاب الى ابعد مما تسنى في المجالات الاخرى: لقد اكتشفت الوظيفة وعرفت الاعضاء (الخارجية على الاقل) .

نقول ايضاً انه مع بوبار Bobart، وخاصة مع كاميراريوس Camerarius، كانت الطريقة التجريبية قد دخلت في بيولوجيا التوالد، وبفضل مساعدة الميكروسكوب في هذا المجال، فتحت هذه

الطريقة السبيل الذي سوف يكون المميز بخلال القرن الثامن عشر .

التصنيــف ـ ان علم النبات (بوتانيك) بشكل منهجي وشامل، كما هو ماثل من مجمل اعمال المصنفين الكبار، في النصف الثاني من القرن 17 وهم: ر. موريسون R.Morison، وج. ري J.RAY، وتورنفور Tournefort، وريفينوس Rivinus، وماغنول Magnol، قد تأثر الى حد بعيد باعمال جونغ Jung، الذي تكلمنا عنه سابقاً، وبكولونا. وفيه نجد مبادىء اساسية معلنة او مطبقة متأتية من اعمال جونغ Jung بخط مستقيم : من جهة، العودة الى الزهرة والثمرة، والبذرة، وليس الى الورقة من اجل معرفة تقارب النباتات فيما بينها (انواع ومجموعات عليا) ؛ ومن جهة اخرى، العودة الى الترك ـ حل اعتمده الالماني ريفينوس Rivinus (= آ. باشمان – 1723 A Bachmann 1652) ـ فيما خص تقسيم النباتات القديم الى اشجار واعشاب.

وبشكل خاص، موريسون Morison ـ الذي لا يعترف باي دين، ويزعم انه استمد طريقته من ملاحظة الطبيعة وحدها ـ ثمّ تورنفور Tournefort، يدينان بالشيء الكثير الى الايطالي فابيو كولونا Fabio Colonna (1567 – 1650).

كتب كولونا Colonna يقول في « إكفرازيس Ekphrasis » ، «ان تقارب النباتات يتم، سنداً للزهرة وكأس (كرسي) البذرة بل والبذرة بالذات». نصيحة معلم، من منشأ غسنري، تدل بوضوح على ولادة مبدأ التبعية في الصفات. ويعزى الى كولونا ايضاً انه امسك بالفرق الموجود بين الاوراق الحقة، والاوراق ـ الزهرية التي اقترح تسميتها بكلمة بيتال Petale (= تويجية ـ بتلة) ، وهي كلمة استعادها ري Ray سنة 1682 وادخلها نهائياً في اللاتينية النباتية[أصل الكلمة يونانية بيتال]. (راجع و. ت ستيرن W.T.Stearn ، بوتانيكل لاتين Botanical Latin 1966).

ولم يكن لجونغ Jung وكولونا Colonna تأثيرالا بعد موتهما. ومع الاسكتلندي موريسن Ecossais Morison ومع ري Ray ندخل بصورة مباشرة مع علم النبات الحديث. كان روبير موريسن Robert Morison (1620 – 1683) الاول الذي حاول تطبيق طريقة سيزالبينو Cesalpino وتصنيف النباتات بحسب الشكل وبنية الثمرة. وبعد 1672، وفي دراسة ملحوظة حول الصيوانيات، صاغ مفهومه ونفذه على هذه الاسرة المختارة بشكل خاص. ولكن مبادىء نظامه لم توسع الا في مقالة بعد وفاته، نشرت مغفلة من الاسم (وربما تعود الى بوبار Bobart)، سنة 1720، من الناحية العملية، لا يدل تصنيف موريسن Morison، كما ظهر في (بلانتارم هيستوريا Plantarum historia universa-lis.... 1680) على تقدم ملحوظ، الا انه كان مفيداً جداً، ومنه انطلق ري Ray . كان جون ري John Ray (1627 – 1705) قد نشر سنة 1660 جدولاً بالنباتات التي جمعت من جوار كمبريدج. وبعدها قام بعدة رحلات، عبر بريطانيا (1660 – 1663) ثم (1663 – 1666) مع العالم في الحيوانات ويلوفبي Willoughby ، عبر اوروبا، كان ري Ray عالماً طبيعياً كاملاً ، بآنٍ واحدٍ حيوانياً وجيولوجياً ونباتياً وحتى فيزيولوجياً .

ودلت الاعمال حول دورة النسغ في الاشجار (1669) على مدى اتساع اهتماماته. لقد كان عالماً يهتم بالمعلومات ويترصد البحوث الجارية. وعلى العموم عزي اليه الاسبقية سنة (1674) في اكتشاف بنيتين للحبة: الحبة ذات الورقتين وغيرها. والواقع انه عرف مخطوطة مالبيجي التي وصلت الى لندن سنة 1672. وميزة راي Ray انه لم يكتف ـ فقط بملاحظة السمات التي اشار اليها مالبيجي وانه زاد في انتشارها، وانه اخيراً ادرك اهميتها التصنيفية : في سنة 1682 اطلق الكلمات التي ظلت تعتبر كلاسيكية وهما وحيدة الفلقة ومزدوجة الفلقة، كما انه في سنة 1703 ادخل هذه الكلمات في كتابه (ميتودوس بلنتاروم Methodus Plantarum). وجعلها ضمن تصنيفه للنباتات العشبية. لقد كان في هذا خطوه عظيمة الى الامام. فقد كان من الضروري مرور اكثر من 20 سنة حتى يصبح الاكتشاف مطبقاً بصورة منهجية.

وقد نشر الاسقف ج. ولكن J.Wilkins، في كتابه « الصفات الحقة » سنة 1668، جداول شاملة جامعة للنباتات التي وضعها راي Ray. ولكن ري Ray في كتابه « بلنتاروم ميتودوس نوفا Plantarum methodus nova» لسنة 1682 وخاصة في كتابة « تاريخ النباتات العام Historia Plantarum generalis» 1686 ـ 1704، حيث وصف 18699 نبتة، وسع اطار مفهومه. كان راي Ray تلميذاً لسيزالبينيو Cesalpino ولجونغ Jung ومشى ضمن خط موريسون Morison : ان المعايير المأخوذة من الزهرة ومن الثمرة ومن البزرة اعطت بين يديه نتائج ممتازة. وبواسطة ري Ray اكثر من تورنفور Tournefort نزعت المنهجية نحو مستوى العلم العالي الحق المضمون المستقبل. وقد تغذي من غرو Grew ومالبيجي Malpighi، وهو بذاته فيزيولوجي، فكان اول ممنهج فهم حق الفهم معنى الزهرة وبنيتها، وهو ايضاً الذي اوحى بتعريف للنوع مرتكز على التوالد. وكان مرجعه الأخير الواقعة أنّه عدا عن بعض التغيّرات (التي تعزى الى الفرد أو الى البيئة)، يكرر النوع نفسه بنفسه.

ومع اعتقاده، مثل كل علماء الطبيعة في عصره، بثبوتية الانواع، لاحظ ري Ray بان البذور يمكن ان تتراجع وتصفف وتولد بنبتات مختلفة عن الابوين: وسمى هذا بالتحول النوعي. هذه المقولات المتنوعة والمهمة جعلت من جون ري John Ray واحداً من أعظم علماء الطبيعة في كل العصور.

وكان بيار ماغنول (1638 ـ 1715) Pierre Magnol، قد استلهم تصنيفاً طبيعياً للنباتات عند مستوى مرتفع، وبين في سنة 1689 ان النباتات يمكن ان تجمع، سنداً للتشابه بينها، ضمن اسر طبيعية تشبه الاسر البشرية او الحيوانية ولكن النظام الذي اقترحه المرتكز فقط على الكأس، كان في الواقع اصطناعياً جداً.

وكان لري Ray زميل فرنسي هو جوزيف بيتون Joseph Pitton الشهير بتورنفور Tournefort (1656 ـ 1708). وكان مغرماً بعلم النبات منذ طفولته، فأخذ يهتم بالاعشاب في جوار مونبيليه وفي جبال الالب جامعاً العناصر الاولى لمعشبته الشهيرة، التي هي إحدى ثروات ميزيوم باريس. والنبتات

الجديدة التي جلبها أثناء رحلته الجديدة في جبال البيرينه الوسطى وفي كتالوني Catalogne اعطتـه شهرة براقة .

وفي سنة 1683 استقال فاغون Fagon لصالح تورنفور Tournefort ، كأستاذ في بستان الملك وكانت دروس تورنفور وتعشيباته قد جلبت له جمهوراً ضخماً . واستمر في رحلاته النباتية ، فذهب إلى اسبانيا والبرتغال وانكلترا وهولندا . وفي سنة 1694 أخرج كتابه الأول عناصر البوتانيك في ثلاثة مجلدات مزينة بـ 451 لوحة رسمها له الرسام اوبريه . هذا الكتاب الذي ترجمه إلى اللاتينية سنة 1700 تحت عنوان « انستيتوسيون ري هرباريا Institutiones rei herbariae » كان مؤلفاً رئيسياً في تاريخ علم النبات . إذ فهم تورنفور Tournefort كل الجدوى التي يمكن أخذها من شكل ومن ترتيب الوريقات التويجية والازدهار . وكان أول من ميز العديمة التويج والوحيدة التويج والمتعددة التويجات . ثم مرتكزاً على القاعدة بأن الأزهار منتظمة وغير منتظمة ومركبة ، صنفها الى 22 أسرة . وكان لأسلوب تورنفور نجاح ضخم . فقد كان ما أراد له مؤلفه أن يكون : بسيطاً واضحاً وعملياً . وكانت منهجيته أقل طموحاً من منهجية ري Ray . فقد أرادها أن تكون قوية قبل كل شيء ، والشيء الذي يجب حفظه ، وهو أنه أي تورنفور كان بعكس ما كتب عنه فونتنيل Fontenelle ، حيث جهد بإيجاز تصنيف طبيعي . وكان كممنهج ، مقتنعاً بإمكانية المعرفة الموضوعية : « فالأشكال تنوجد مستقلة عن المصنف وهي تتميز بصفتها المشتركة لدى كل من أنواعها ، صفة نستخدمها كدليل لكي نرتبها ضمن مكانها الطبيعي » . وإذا لم يكن تورنفور هو حقاً خالق مفهوم الشكل فقد كان له فضل تبين أهميته وتعميم استعماله وتوضيح صفاته . فضلاً عن ذلك أن أشكاله قد حفظت كلها تقريباً من قبل ليني Linné وكذلك غالبية أسره : الفصيلة الشفوية ، وعديدة التويجات والصيوانيات والزنبقيات وكلها طبيعية تماماً .

ونضيف اخيراً انه ميز بعناية بين الانواع والمنوعات. وهذه المفاهيم استعيدت واستكملت بعد رحلته الشهيرة الى الشرق (1700 - 1702) في كتابه « كورولاريوم . . . . . ارباريا » (1703) وهو ملحق لكتاب انستيتوسيون، اضاف فيه 1356 نبتة جديدة. وبعد موت تورنفور سنة 1717 نشرت « رحلته » الى الشرق، وهو كتاب ترجم الى عدة لغات. وكتب عنه الاب غيرال PGuiral فقال : « كل شيء مرتبط بفضل تورنفور : سهولة الاسلوب وفضول العالم وامانه الاستقصاء وخفة الروح » .

واشتهر في القرن السابع عشر علماء نبات اخرون مثل الانكليزي ل. بلوكنت L. Pluknet (1642 - 1702) والطبيب الالماني ب. هرمن 1640 - 1695 P.Hermann وكريستوف نوت Christoph Knaut 1638 - 1694، ولكنهم ظلوا بعيدين وراء الرجال الكبار الذين تكلمنا عنهم.

النباتات ـ بعد المنهجية اصبحت النباتات شغل العديد من الاعمال وبصورة خاصة في **فرنسا**. في سنة 1635 أصدر الطبيب الباريسي كتاباً كان الاول عن ازهار ضواحي باريس. وصف فيه 462 نبتة مع مواقعها . ودرس غاريديل Garidel نباتات بروفانس Provence . وقام الاب باريليه P.Barre-lier (1606 - 1673) باستكشاف البروفنسا ولونغ دوك واسبانيا وايطاليا . ومخطوطة التاريخ العام

للنبات الذي اعده احترق ولكن لوحاته انقذت ونشرت من قبل آ. جوسيو (1714) A. de Jussieu وفيها مئة نوع جديد.

ولكن سبستيان فايان (1669 – 1722) Sebastien Vaillant . سكرتير فاغون Fagon ثم استاذ في الجنينة الملكية في باريس هو الذي عرف، في كتابه نباتات باريس حيث عدد وفقاً للترتيب الابجدي النباتات الموجودة حول باريس، وكان الكتاب مزيناً بـ 300 صورة رسمها اوبريه وفايان هذا هو الذي عرف بنباتات هذه المنطقة بما فيها كريبتوغام. واشتغل بهذا الكتاب 36 سنة، وامن طباعته بورهاف Boerhaave في سنة 1723. وحفظت معشبته في الموزيوم.

ونشر تورنفور سنة 1698 تاريخاً للنباتات التي تولد في ضواحي باريس، وهو كتاب ما يزال ثميناً من جهة تعيين الاماكن التي زالت منذ زمن بعيد. وحقق برنار جوسيو Bernard de Jussieu هذا الكتاب واعاد نشره سنة 1725.

وقدم ماغنول Magnol سنة 1676 كتاباً عن نباتات منطقة مونبلييه وفي سنة 1689 نشر كتابه الرئيسي « برودروموس Prodromus هيستوريا جنراليس بلنتاروم » حيث صنفت النباتات في 76 جدولاً وميزت بصفتين او ثلاث صفات : محاولة اولى للتحديد السهل للنباتات. اما المعشبة المأخوذة من جملة بلدان اوروبية، والتي وضعها ج. برسر J.Burser فقد اعطيت ل.ج. بوهيم J.Bauhim. وجدوله نشر جزئياً سنة 1724. اما نباتات المانيا فدرست من قبل ل. جنجرمن L.Jungermann، وم. هوفمان M. Hoffman وابنه (نباتات الدورف وجيسن) وج. لوزل J.Losel وج. غوتشد J. Gottsched. (نباتات بروسيا) وفولكامر Volkhamer (نباتات نورمبرغ) ؛ ونباتات هولندا من قبل ج. كوملين J. Commelin.

وزيادة على اعمال جون ري J.Ray، سواء فيما يتعلق بالجغرافيا النباتية في اوروبا كما فيما يتعلق بنباتات بريطانيا، يتوجب ذكر « فيتولوجيا بريتانيكا » لـ و. هوو W. How الذي ذكر 2220 نبتة و« سكوتيا اليستراتا » لـ ر. سيبالد R.Sibbald ووصف اولوف رودبك Olof Rudbeck الصغير (1660 – 1740)، وهو أحد أساتذة ليني Linné، وصف نباتات لابونيا Laponie في حين ان نباتات سبتيتزبرغ Spitzberg وغرونلد Groenland درسها فرنسوا مارتن Fr.Martin ونباتات الدانمارك درسها س. بولي S.Paulli الذي استعمل، كلمة فلورا للدلالة على كتاب. اما نباتات ايطاليا فكانت موضوع لعدة دراسات: نباتات صقلية درست على التوالي من قبل الاب كاستيلي P.Castelli ومن قبل بونسي غليولي Bonsiglioli ومن قبل الاب بوكوني (1633 – 1704) P.Boccone. ووسع هذا الاخير جدوله فشمل كورسيكا ومالطه والبيمونت وفرنسا والمانيا. فضلاً عن ذلك نشر ف. كوباني سنة 1692 جدولاً بالنباتات ونشر ج. غريسلي في سنة 1661 اول دراسة عن نباتات البرتغال.

اما النباتات الدنيا فاخذت تُبحث. نذكر منها في فرنسا اعمال عائلة مارشان Marchant. وكان نيقولا مارشان Nicolas Marchant طبيب غاستون دورليون Gaston d'Orléans، فقدم ابنه الى

الامير مجموعة من النباتات الكبدية سماها المارشنتيا. وكان نيقولا Nicolas هـذا واحداً من المؤلفـين الرئيسين لكتاب اوصاف النباتات الذي نشرته الاكاديمية سنة 1676 . ونشر ابنه جان Jean وكان مديراً لمصالح الزراعة في البساتين الملكية، مذكرات عديـدة حول العشيبيـات « موسي ». ونشـر اخيراً الى الايطالي ف. كافاليني F.Cavallini الذي درس نباتات مالطة ، واصـدر ايضاً كتـاباً عن عشيبيـات كورسيكا .

نباتات بلاد ما وراء البحار ـ تقدمت دراسة نباتـات البلدان البعيدة تقـدماً كبيـراً. بخلال القرن 17 . وقد ساهم علماء النباتات الفرنسيون، وبصورة خاصة، رجال الدين والبحارة، بقسم وافر فيها، يدعمهم فاغون Fagon الطبيب الاول لدى لويس 14، الذي كان صديقهم الوفي، واضعاً تحت تصرفهم ماله من حظوة كبيـرة في البلاط . وهـو ، بصورة خـاصة، الـذي سمح لبلوميـه، ثم لفيّيه بالذهاب الى اميركا، ولتورنفور في زيارة الشرق .

وقد سبق لـ ج. كورنوت J.Cornut 1635، ان وصف 79 نبتة من كندا، سنداً لعينات لوحظت في جنـائن الأخوة روبـين Robin، ومن بينها «الـروبينيا». ونشر فسبـاسيان روبـين Vespasien Robin (1579 – 1662)، بعد ان زار شواطىء البـرابرة، ووصف عـدة اصناف، تـاريخاً للنبـاتات (1620) الجديدة التي عثر عليها في جزيرة فيرجينيا، التي زارها ايضاً ج. بانيستر J.Banister الذي وضع عنها « كتـاب نباتـات » نشر فيـها بعـد من بتيفر Petiver. وقـدم الصيـدلي الانكليـزي ت. جـونسـون T.Johnson، سنة 1634، لائحة بالنباتات في هذه المنـطقة التي اخـذ منها جـون ترادسكـان John Tradescant العديد من الغرسات التي عرَّفها وأشهرها (1656). وكان الاستقصاء الواسع ـ الذي قام به بين سنة 1571 و1577 فرانسيسكو هرنـانديـز (1514 ؟ – 1578) Francisco Hernandez لجمع النباتات الصيدلانية التقليدية في المكسيك، ـ موضوع العديد من النشرات، التي كانت للاسف غـير كافية على الاطلاق (ف. زيمنز F.Ximenez، مكسيكو 1615؛ ن. آ. ريشي N.A.Recchi، رومـا 1628، ف. سيسي F. Cesi، روما 1651). ولكن الأب الصغير ش. بلوميه C. Plumier (1646-1706) ، بصورة خاصة هو الذي أخذ يعرِّف بالنباتات الاميركية . فبعد أن عشب في فرنسا مع تورنفور Tournefort وغاريدل Garidel ، ذهب الى جزر الانتيل ، سنة 1689 ، مع الطبيب سوريان Surian ، المكلف بشكل خاص ، بتحليل النباتات المعثور عليها ، من أجل استخدامها طبياً عند اللزوم . وأنجز الرجلان المهمة بعد 18 شهراً . ونشر سوريان جدولاً بالنباتات والأدوية الحاصلة . وسرعان ما قام الأب بلوميه P. Plumier برحلة جديدة الى أميركا ، وهو يحمل لقب « نباتي » الملك . وبعد عودته ، نشر ، في سنة 1693 ، كتابه « وصف نباتات أميركا » ، وفيه وصفت الأصناف ، التي كانت حتى ذلك الحين تحمل أسماء لاتينية ، مع تعيين أماكنها أو مواقعها وخصائصها . وكانت رسومها أمينة ، وأطرها نسخت عن النبتة بالذات .

وبخلال رحلة جديدة، زار بلوميه Plumier غواديلوب والمارتينيك وسان دومنغ، مما اتاح له سنة 1703 ان يصف 106 اصناف جديـدة قدمهـا الى اشهر النبـاتيين في عصـره. ونشر بلوميه Plumier

ايضاً ، سنة 1705، كتاباً موسعاً ومهماً عن بقول اميركا «.فوجير داميريك » .

وارسل الاب الدومينيكي ج.ب.دو ترتر (1610 – 1687) J.B.du Tertre، وبناء لطلب ريشليو Richelieu ، الى جزر الانتيل حيث مكث من 1640 لغاية 1656 . ويعتبر كتابه « التاريخ العام للانتيل» مهماً من ناحية علم النبات التطبيقي .وفي مذكراتهما عن مكوثهما في البرازيل، من سنة 1612 الى 1614 وصف كلود دابفيل Claude d'Abbeville وايف ايفرو Yves d'Evreux حوالي اربعين شجرة. ومن هذا البلد بالذات استورد ج. ماركغراف G.Marcgrav و و. بيزو W.Piso استعمال عرق الذهب [جذر مقيء] (ابيكاكوانها Ipécacuanha) كما استورد بذات الوقت عناصر كتابهما : « التاريخ الطبيعي للبرازيل (1648) » .

ونشر الصيدلي الهولندي او. كلوت O.Cluyt الذي زار شواطىء افريقيا الشمالية « فن توظيب وارسال الاشجار والنباتات والاثمار والبذور، الى اماكن بعيدة »، في حين قطف الاب هرمان P.Hermann نبتات عديدة من منطقة رأس الرجاء الصالح، وج. كوننغهام J.Cunningham من جزيرة الاسانسيون. واستخرج فلاكور Flacourt، اثناء مكوثه في مدغشقر، كمدير عام لشركة الشرق، في سنة 1658، عناصر تاريخ ، اغناه بالعديد من رسوم النباتات وبوصف بعض الاصناف الجديدة. ومن بينها الشجرة العجيبة المفترسة نيبنتيس Népenthès. وفي حين كان ج. ترادسكانت G.Tradescant يستكشف سنة 1620، جزر البحر المتوسط، كان ج. فسلنغ J.Vesling ينشر، سنة 1638، دراسة حول النباتات في مصر، وكان الفرنسي سبون J.Spon والانكليزي ج. وهلر G.Wheler يزوران اليونان وقسماً من آسيا الصغرى فوصفا مئة من النبتات (1677). وأسس شيرار Sherard، بعد ان اصبح قنصلاً في ازمير، احد المعشبات الاهم في ذلك الزمن. وفي سنة 1700 ذهب تورنفور Tournefort، الى الشرق مع الرسام اوبريه والنباتي الالماني غندلسهيمر Gundelsheimer وزار على التوالي كاندي Candie وجزر الارخبيل اليوناني، والقسطنطينية، وشواطىء البحر الاسود وارمينيا حيث صعد جبل ارارات، وجورجيا واسيا الصغرى.

وعرف هـ. فان ريد دراكنستين H.Van Rheede tot Draakenstein الذي زار المؤسسات الهولندية في دوموند Deux Monde، قبل ان يصبح حاكماً على مالابار بنباتات الهند في كتابه الضخم هورتوس انديكوس مالاباريكوس(12مجلداً و794نبتة، 1673-1703. وفسر ج. كوملين J.Commelin(1629-1692) القسم الثاني من هذا الكتاب ، ودرس نبتات الهند المغروسة يومئذ، في حين نشر الهولندي ج. بوندت J. de Bondt، في سنة 1642، دراسة عن النباتات الطبية في الهند. وفي سنة 1712 نشر الالماني ي. كامبفر E.Kaempfer الذي زار ايران وسيلان وخليج البنغال وسومطرة وباتافية وسيام واليابان، كتاباً يتضمن وصفاً للعديد من النباتات التي قطفها . اما دراسته الخاصة عن نباتات اليابان فلم تنشر الا سنة 1791من قبل ج. بانكس J.Banks. وكذلك المعشبة المهمة(كتاب) المجموعة في الهند الشرقية من 1670الى1677لم تنشر من قبل الطبيب الألماني الأب هرمان P.Hermann، الا في سنة 1747 من قبل ليني Linné. اما نباتات الشرق الاقصى فقد درسها هرمان

غريم Herman Grim (سيلان وجاوه)، من قبل اليسوعي البولوني م. بوام M.Boym (الصين)، ومن قبل الطبيب الالماني ا. كلير A.Cleyer (الصين واليابان)، ومن قبل س. مانتزل C. Mentzel (اليابان)، ومن قبل ج. نيوهوف J.Nieuhof الذي ارسل حصيلة عمله الى ري Ray والى بلوكنت Plukenet والى بتيفر الذين تولوا الوصف. ودرس الاب كامل P. camelli (Kamel) ، الطبيب النمساوي الذي تذكر الكاميليا باسمه ، درس نباتات مانيلا المتسلقة وارسل النباتات التي جمعها في الفليبين الى بتيفر Petiver والى ري Ray الذي نشر لائحة بها . ونشير ايضاً الى الدراسة الممتازة لنباتات سوند Sonde، دراسة اعدها الالماني ج. رانف (1626 – 1707) G'Rumpf. ونشرها في سبعة مجلدات بورمن Burman بين 1741 و1750. وهذه المجموعة تتفوق من الناحية الوصفية على كتاب زيد Rheede ولكن لوحاتها اقل نوعية . واخيراً نشير الى الدراسة العامة حول النباتات الاجنبية التي قام بها مانزل C.Mentzel وج. برين J.Breyn 1678.وهذه الدراسة الاخيرة تعتبر تحفة طباعية تصويرية .

ويمكن اعتبار الانكليزي و. دانبير (1652 – 1715) W.Dampier النموذج لهؤلاء البحارة لنباتيين في القرن السابع عشر الذين كان لعملهم اهمية كبرى.كان دانبير Dampier يتيماً ، فارسله احد اوليائه في البحر فزار كقرصان اولاً شواطىء امريكا وجزر الباسيفيك وهولندا الجديدة والهند الشرقية والتي اكتشفت حديثاً في سنة 1642 من قبل تيسمان Tasman الذي عرف بنباتاتها في سنة 1701 واقام ثلاث سنين في جاميكا مع قطاع الاخشاب وعاد اليها مع القراصنة سنة 1679 . ومن هناك ذهب الى فرجينيا سنة 1682 لكي يتركها سنة 1683 . وذهب الى الصين سنة 1687 وذهب الى نونكين. وعاد الى انكلترا سنة 1691 ثم رجع الى هولندا الجديدة. وغرقت به السفينة في عودته قرب جزيرة الاسانسيون فانقذته باخرة انكليزية. هذه الحياة المضطربة جداً جعلت قراءة كتابه دورة حول العالم (1697) مشوقة للغاية وتدل تماماً على الملحمة عند هؤلاء النباتيين المغامرين الذين عرفوا الثروات الطبيعية في بلدان ما وراء البحر.

الزراعة والبستنة ـ هناك اسمان لعلماء النبات الفرنسيين يسيطران على الزراعة في القرن السابع عشر : اسم أوليفيه دي سير Olivier de Serres وجان لاكنتيني J. de la Quintinie . وقد أمضى دي سير (1539-1619)كل حياته في لونغدوك،في امارته برادل حيث أقام حقول تجارب، ولم تذع شهرته كشيخ للزراعة الا بعد وفاته. وكان صديقاً عظيماً للملك هنري الرابع فنشر باسمه سنة 1599 كتاباً عن فن قطف الحرير. اما كتابه مسرح الزراعة الذي صدر سنة 1600 فقد نشرت له عدة طبعات وظل لمدة قرن واكثر الكتاب المرجع لكل الزراع المتنورين. وقد اثبت المؤلف فيه ضرورة ان يعرف المرء اراضيه جيداً ، واشار الى اساليب الفلاحة والتزبيل والبذر، واساليب تشذيب الاشجار المثمرة وتطعيمها. واعطى نصائح عن كيفية انشاء بستان مثمر وكيفية غرس الاشجار وكذلك عن مهمة رب العائلة تجاه خدمه وجيرانه وعن كيفية السلوك الشريف في عزلة الريف.

ووضع ج. لا كينتيني(1626-1688) J. de la Quintinie وقد جذبته زراعة البستنة بعد زيارة

الى ايطاليا، من قبل لويس الرابع عشر على رأس الزراعات في قصر فرساي. وقد اعيد طبع كتابه مدخل الى البساتين المثمرة، الذي نشر سنة 1690 عدة مرات، غالباً مع صور جميلة جداً ساعدت على شهرته. وفيه يثبت المؤلف كيف يقام بستان مثمر وبن، شهراً فشهراً العمليات الواجب انجازها. وبصورة خاصة عرف باسلوبه في كيفية تقليم الاشجار المثمرة تقليماً يزيد بالانتاجية زيادة عقلانية. وفيه نجد ايضاً رسماً للعديد من المعدات البستانية المعروفة في ذلك العصر، وكذلك كتاباً عن بساتين الليمون. وقد ساعد عمل لاكينتيني Quintinie على دفع البستنة الى الأمام دفعة كبرى في القرن السابع عشر.

ونشر العديد من كتب البستنة يومئذ وخاصة من قبل جاك بواسو Jacques Boyceau وب. لورامبرغ P. Lauenberg والكاهن ليجوندر L'abbé le Gendre الذي قدم معلومات عديدة حول التطعيم. نذكر ان لينوتر، البستاني الشهير عند لويس الرابع عشر في فرساي، قد زرع في تلك الحقبة العديد من البساتين على الطريقة الفرنسية، المتميزة بخرائطها الجيومترية وبسعة مناظرها. ونذكر ايضاً، في بولونيا كتاب داندوغرافي لمؤلفه ج. جونستون J. Jonston 1662. وفي هولندا كتب علم النبات والبستنة التي وضعها آ. مونتن A. Munting وج. كوملين J. Commelin.

تطبيق علم النبات على الطب - قليلة هي الاعمال الاصلية حول استعمال النباتات في الطب والتي ظهرت في القرن السابع عشر: ان الكيمياء النباتية كانت في بداياتها. نشير فقط الى كتب ن. ليميري N Lemery والاب بومت P. Pomet وويدد Weded وس. دال S. Dale. التي افسحت مجالاً واسعاً للأدوية النباتية. نذكر اخيراً انه في هذه الحقبة، صدرت كتب عديدة حول رسوم النباتات، رغم الانتقادات من قبل آ. فان درسبيغل A. Van der Spiegle (1606).

البساتين الزراعية - ساعد تطور البساتين الزراعية كثيراً في تقدم علم النبات. فقد اقام الاخوة روبين Robin بستاناً في باريس في رأس جزيرة نوتردام. وكانت سيدات بلاط هنري الرابع تأخذ من هذا البستان نماذج ازهار من اجل التطريز. وتسهيلاً لاعمالهن نشر فاليت Vallet مطرز الملك في سنة (1601)، كتاباً اسمه «بستان الملك المسيحي المؤمن هنري الرابع» وكان الكتاب مزين بـ 75 لوحة. وادار ج. روبين J. Robin ايضاً البستان الذي اقامته كلية الطب في باريس، ونشر جدولاً به سنة (1601). واسس غي دو لابروس Guy de la Brosse، طبيب الملك لويس الثالث عشر، في سنة 1635 «البستان الملكي للنباتات الطبية» والذي اصبح فيما بعد البستان الحالي للنباتات، والذي سوف يصبح شهيراً في العالم كله. ووصف فضائل النباتات التي كانت مغروسة فيه ونشر مجموعة عنها. واقام س. فايان S. Vaillant اول خيمة فيه مع مداقىء لكي تزرع فيها نباتات البلدان الحارة. ويعزى جدول النباتات في بستان الملك الى شيرار Sherard. واقام غاستون دورليان Gaston d'Orleans، قرب بلوا بستاناً عظيماً اغناه بنبتات عديدة نادرة او حتى غير معروفة من قبل موريسون Morison الذي اعاد سنة 1669 طباعة كتاب هورتوس بليزنسيس الذي نشر سنة 1653 من قبل آ. برونيه

A.Brunyer ونذكر ايضاً جدول بستان الصيدلي الاب ريكور P. Ricort 1644، من ليل، وجدول بستان ستراسبورغ من قبل مابوس (1691) Mappus .

وفي ايطاليا البلد المختار لبساتين علم النبات وضع ج. شنك G. Sehenek جدول بستان بادو Padoue. ووضـع الاخـوة امبـروزيني Ambrosini وزانـوني Zanoni وج. ب تـريـونـفيـتي G.B.Trionfetti جـدول بولـونيا. ووضـع ت. بلوسي T.Belluci جدول بيزا وب. كـاستيـلي P. Castelli وف. كابوني F. Cuponi جدول مسينا. وقام عدة فنانين ومنهم غويدوريني Guido Reni بـتزيـين فلورم كلتـورا الـذي وضعـه ج. ب. فـراري (1633) Ferrari بـالصـور الفخمـة. ونشـر أيضـاً إلى كتاب هورتوس بوتانوغرافيا 1660 الذي وضعه و. مونتالباني O. Montalbani مؤلف كتاب تـاريخ البوتانيك الصغير 1654. ونشير ان ت. شنك Th. Schenck وضع جدولاً بالبستان النباتي لمدينة ينا 1659. وب. آمان P.Ammann جدول ليبزيغ . وآ. فان در سبيغل A.Van der Spiegel جدول ليد Leyde وج. كوملين J. Commelin جدول امستردام. وسوترلاند جدول ادنبره الذي اسسه آ. بلفور A. Balfour سنة 1680. ونشر الطبيب الهولنـدي هـ. مونتن H. Munting سنـة 1646 كتابه عن الازهار، ونشر س. بولي S. Paulli سنة 1653 جدولاً شاملاً عن عدة بساتـين : كوبنهـاغ اكسفورد، وباريس وبادو.

الفصل الخامس :
ولادة الجيولوجيا

ان ولادة الجيولوجيا الحقة تقع في القرن السابع عشر. فالطبيعة الحقة للمتحجرات كانت قد فهمت من قبل، سواء من قبل هيرودوتس Hérodote، أو ليونار دا فنشي Léonard de Vinci او برنارد باليسي Bernard Palissy. ولكن ملاحظاتهم وان كانت صالحة ، الا انها لم تكن تختص بالجيولوجيا .

وكانت كلمة جيولوجيا تغطي في القرون الوسطى دراسة كل ما هو « ارضي ». « دنيوي » في مقابل ما هو « سماوي » « إلهي »، فتشمل بالتالي دراسة الحقوق كما تشمل دراسة المعادن. ويبدو ان الكلمة استعملت لاول مرة بمعناها الحديث سنة 1657. ضمن عنوان كتاب دانمركي لـ م. ب اسكولت M.P.Escholt « جيولوجيا نوفرجيكا » ترجم الى الانكليزية سنة 1663 من قبل دانيال كولنز Daniel Collins ويعالج الهزات الارضية والمعادن. وبعد ذلك بقليل، سنة 1690، نشر ايراسموس وورن Erasmus Warren كتاب : « جيولوجيا او رسالة في الارض قبل الطوفان » .

وعلوم الارض لم تكن الا في بداياتها، ولم يكن هناك علماء جيولوجيون. وقامت بعض الشخصيات بتوجيه البحوث في العصر التالي، مقترحة افكاراً جديدة ومتحرّرة من ارسطو. انهم فلاسفة، واطباء ، وفيزيائيون ومسافرون اولئك الذين خلقوا علوم الارض ، وهذا امر لم يكن يخلو من مخاطر ، في الوقت الذي كانت الكنيسة قد اجبرت غاليليه على التبرؤ من « هرطقة » ان « الارض تدور حول الشمس » وحول نفسها .

في فرنسا بالتأكيد لم يكن ديكارت جيولوجياً ، ولكنه نقل الرياضيات الى علم الفلك، وتجرأ واعتبر كل الظاهرات السماوية كتطبيق لقوانين الميكانيك، وافترض وحدة المادة في كل الاجسام السماوية .

وفي انكلترا اوجد روبر هوك Robert Hooke، وهو يستعمل الميكروسكوب لدراسة المنخربات وتشريح الاخشاب المتحجرة، التشريح المقارن للنباتات المتحجرة والحية. وبدا كانه سابق طليعي للنظرية التحويلية، وكان لاكتشاف الدورة الدموية من قبل وليم هارفي William Harvey تأثير بارز على افكار المتمرسين الجدد بالجيولوجيا، الذين توصلوا الى تصور « الارض » كجسم حي له دورته المائية. في حين أن الدانمركي ستينون Sténon اخترع المفاهيم الاولى للاستراتيغرافيا، وطور اليسوعي الالماني كيرشر النظرية الاولى البلوتينية Plutoniste. وبنى ليبنيز Leibniz اخيراً، وهو يستعمل أفكار معاصريه، تاريخاً جيولوجياً للكون، وعرف النوع وأمن الاتصال مع القرن 18

فضلاً عن ذلك قام ستينون Sténon بمعالجة علم المعادن وفعل فعله وهريجن Huygens وبويس دي بوودت Boëce de Boodt، في حين اخذت تتشكل مجموعات كبرى من الاحجار ومن المتحجرات التي سبقت تشكيل المتاحف الوطنية للتاريخ الطبيعي.

التركيب الديكارتي - اعتبر اكتشاف البقع الشمسية حوالي 1610 كاحدى المقدمات الابرز في علم الفلك الجديد. وفي سنة 1630، وفي « المصنع الجديد »، اكمل ب. كريستوف شاينر P. Christoph Scheiner الملاحظات الاولى بعد رسم خارطات للشمس، وبقعها وحركاتها مبيناً ان الشمس بالذات تخضع لتغيرات وانها تدور على نفسها. هذا الاكتشاف، الذي هو ضد ثبوتية أرسطو، شكل نقطة انطلاق علم الاستروفيزيك (فيزياء الكواكب) وفتح الطريق امام نظريات جديدة حول تاريخ الكرة الارضية.

واذا كان الحكم على غاليلي قد حمل ديكارت على رفض نشر كتابه « رسالة العالم » الا ان الفيلسوف الكبير لم يتخل عن افكاره الثورية حول تطور الكون، افكار عرضها في « خطاب المنهج » وفي « الميتيور » سنة 1637، كما في المبادىء الفلسفية (امستردام 1644، ترجمة فرنسية، باريس 1647).

وفي تأليف تركيبي، من الاجرأ، نقل ديكارت الرياضيات الى الكوسموغرافيا (علم خرائط الكون) وتجرأ واعتبر ان كل الظاهرات السماوية هي تطبيقات لقوانين الميكانيك.

كتب يقول في «خطاب المنهج»: «ابين كيف ان القسم الاكبر من هذه الفوضى يجب، سنداً لهذه القوانين، ان يترتب وان يصطف بشكل ما، من شأنه ان يجعله شبيهاً بسماواتنا. وكيف ان بعضاً من اقسامها يجب ان يكوّن الارض وبعضاً من المذنبات، وبعضاً آخر يكون شمساً وكواكب ثابتة ».

وقال في « المبادىء الفلسفية »: « ليس من الصعب الاستنتاج من كل هذا ان الارض والسماوات مصنوعة من ذات المادة ».

ويبدو ديكارت بالتالي وكأنه عبر عن اول وحدة في التشكيل المادي للكون، لكونٍ خاضع لقوانين

الميكانيك . وهو بالتالي يعتبر الارض والكواكب الاخرى كنجوم بردت سطوحها واصبحت مغلفة بطبقة جامدة يابسة .

« هذه الارض التي نحن عليها كانت في الماضي نجمه . . . بحيث انها لا تختلف بشيء عن الشمس، الا انها اصغر» (مبادىء الفلسفة) .

ان فكرة السيولة الاساسية، التي اعتمدها نيوتن، خدمته بعد اربعين سنة، سنة 1687 لحساب «تسطح المفلطح الكروي» الارضي سنداً لسرعة دورانه .

وتابع ديكارت افكاره فنظر، من الناحية الميكانيكية في تاريخ الكرة الأرضية، وترتيب مختلف اقسامها، باعتبار ان مركز الارض هو دائماً في حالة ذوبان وفي اتجاه نحو البرودة البطيئة . وسنداً لهذا فهو يربط التمزق البادي في « القبة الارضية » بالبرودة وبتقلص الكتلة التي تحملها .

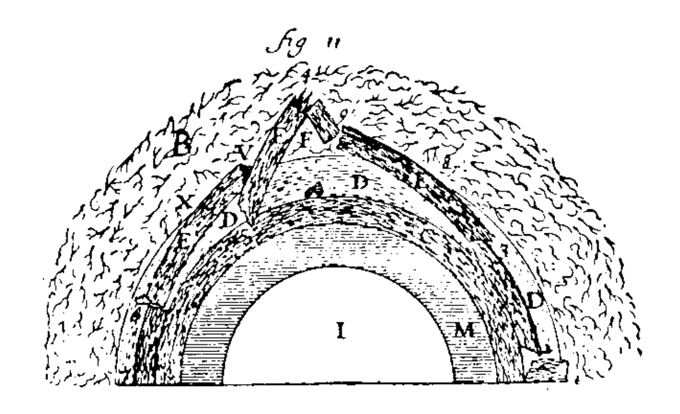
وكما اشار دوبري Daubrée (1880) « لا يمكن ان نعبر بصورة اوضح ، ان بروز القارات وتشكيل التفاوت فيما بينها، هو نتيجة التنقل النسبي في فقرات القشرة الأرضية » .

ان الصورة الشهيرة في اللوحة 15 من « المبادىء » تعطي « قطعاً » للكرة الارضية (صورة 33) . في الوسط، هناك العنصر الاول I (حرارة، ضوء وقوة باقية من الحقبة البعيدة، حين كانت الارض نجمة) . وفيما بعد هناك كرة M مؤلفة من ذات المادة التي تتألف منها البقع الشمسية، ثم « قشرة من الارض شديدة الوزن » (C) وقشرة اخرى اخف (E). وبين القشرتين، هناك خضم داخلي (D) تعوم فوقه القشرة (E). وتتأرجح اجزاء من القشرة (E) وتتحطم في المحيط الداخلي او تنتصب جبالاً .

هذا المحيط الداخلي يجعل الطوفان قابلاً للتفسير، بسبب ضخامة كتلة الماء . ومن جهة اخرى، ظن ديكارت ان البحر اذا كان لا يفيض ،فذلك لأن «مياهه تتصل من خلال ممرات بهذا المحيط الداخلي الذي منه تأتي الينابيع ، بشكل ان مجرى المياه في هذه الارض يشبه مجرى الدم في جسد الحيوانات » .

كل هذه الفرضيات كانت في الاصل من منشأ فلسفي خالص ولم تكن ترتكز ابداً على اية ملاحظة على الارض .

ويعود الى ديكارت ايضاً انه نشر نظرية ذكية جداً حول تشكيل المناجم المعدنية . واصل هذه الاتربة المعدنية كان يعزى عموماً لتأثيرات شمسية Siderales . حيث كان كل كوكب يحدد، في العروق Filons نشأة وتكوين المعدن الذي يحمل اسمه . وبالعكس اكد ديكارت ان الخيوط كانت مملوءة بابخرة آتية من (الاعماق) . وسوف يتبنى ستينون الفكرة التي سبق لـ يو.فون كالب U.Von Kalbe اعتمادها في كتابه « برغبوكلين » سنة 1505، ثم اكد عليها فيما بعد هوتن Hutton . وعلى العموم يبدو عمل ديكارت غريباً تماماً بالنسبة الى عصره . فقد ادخل في الكوسموغرافيا الافكار العقلانية في الحركة، والدفع والقوة النابذة عن المركز .



صورة 33 ـ بنية الارض بحسب ديكارت (المبادىء الفلسفية، امستردام 1644).

ان مبدأه حول شمولية المادة سوف يتبين في القرن 19 بالتحليل الموشوري . ان فكرة الحرارة الداخلية ونشاطها سوف يكون لها تأثير على تطور النظريات الجيولوجية .

دوران المياه ـ في سنة 1643، نشر اليسوعي الفرنسي جورج فورنيه Georges Fournier كتاباً حول «الهيدروغرافيا». كان هذا الرجل رحالة، فوضع نظرية حول التيارات البحرية، وأكد أن مستوى المحيطات هو ذاته في كل مكان ، وان مياه الانهار التي تصب بالبحر كل يوم لا تتناسب ابدا مع حجم المحيطات .

وفي سنة 1674، صدر الكتاب، غير الشهير، الذي ألفه بيار بيرو Pierre Perrault (1680-1608)«أصل الينابيع» كان بيار بيرو Pierre Perrault أخاً للقصاص شارل بيرو Charles Perrault واخاً للمهندس ـ رجل العلم كلود بيرو Claude Perrault، وكان قد عرف ان كل الناس يخطئون حين يعزون لمياه الانهار حجماً اكبر بكثير من حجم مياه الامطار. فاخذ يبحث اولاً، عن معطيات صحيحة ، وبخلال ثلاث سنوات، واقعة بين 1668 و 1674 ، اخذ يقيس كميات مياه الامطار التي تهبط في باريس. فتوصل الى رقم 600 مم بالسنة ، وهو رقم ينطبق على الواقع. واكثر من ذلك، قاس مساحة حوض التلقي، في اعلى هضبة نهر السين، واستنتج ان كمية مياه الامطار التي تقع فيه تكفي لتغذيته، مع تأمين الحياة للاشجار وللحقول. ثم قال، كما قال الجميع منذ ارسطو حتى ديكارت ضمناً ، ان المياه تعود الى الجبال بشكل ابخرة، وعبر قنوات، وانها بعد ان تستعيد « شكل الماء » فهي تجد مخرجاً عبر الانهار.

عمل ستينون ـ اجرى نيل ستينسين (1638 ـ 1686) Niels Steensen المشهور باسم ستينون Sténon ـ دراسته في مدينة ولادته كوبنهاجن Copenhague ثم في امستردام وليد. وبعد اقامة سنتين في باريس (1664 – 1666) ذهب الى فلورنسا، حيث ساهم في اعمال « الاكاديميا دل سيمنتو »، في بلاط الدوق الكبير، دوق توسكانة. واستخلص من دراسة دقيقة لاراضي هذه المنطقة،

استنتاجات مدهشة تماماً بالنسبة الى تلك الحقبة ظلت في اساس الستراتيغرافيا الحديثة فلخص عمله في كتاب : « برودروموس . . . » (فلورنسا 1669) .

لقد قبل، بالتأكيد بالطبيعة الحقة للمتحجرات، وفضلاً عن ذلك اعترف بان الطبقات المختلفة في القشرة الارضية المرئية هي نتيجة الترسبات البحرية، وان كل طبقة مترسبة هي سابقة على الطبقة التي تترسب فوقها وهي لاحقة للطبقة المغطاة بها، وان القشرات تترسب افقياً ، وانها اذا كانت منحنية، فذاك لانها انقلبت، واخيراً انه اذا كانت قشرة ما قد ترسبت افقياً فوق طبقات متعرجة او منحنية فذاك لان التقليب كان سابقاً. وقدم اول رسمة للاختلاف والتفارق في الطبقات .

بل ان ستينون Sténon قدم اكثر. فميز « الصخور البدائية » السابقة على وجود النباتات والحيوانات و« الصخور الثانوية » المتراكمة فوق السابقة والتي تحتوي المتحجرات، واخذ يقارن قواقع المتحجرات في ايطاليا، بالاجناس الحية، وميَّز المتحجرات البحرية عن متحجرات المياه الحلوة. واخيراً قال بوجود ست حقب كبرى في الطبيعة بحسب ما اذا جاء البحر ليغطي القارات او ينسحب منها (اول محاولة حول اهمية التجاوزات والتراجعات البحرية) .

ان ضخامة هذا العمل تدل على ان ستينون Sténon يمكن ان يعتبر اول جيولوجي حق. رغم ان السنوات الاخيرة من حياته كانت تقريباً مخصصة بكاملها لنشاطات دينية. وكان ستينون ايضاً احد كبار المشرحين في القرن 17.

المدرسة الانكليزية : هوك Hooke، لويد Lhuyd، وودورد Woodward، وليستر Lister ـ كان روبير هوك Robert Hooke احد كبار المفكرين في القرن 17. واستخدم الميكروسكوب لدراسة الحيوانات الصغيرة المتحجرة ، ولدراسة المنخربات من نمط روتاليا خاصة . وكان ايضاً خالق التشريح المقارن للنباتات الحية والمتحجرة. لانه درس وقارن البنية التشريحية للاخشاب الحالية، والخيوط في الخشب التالف. وتضمن كتاب ميكروغرافيا لسنة 1665 رسمة جميلة جداً للبنية التشريحية لخشب اصبح صوانياً ، واصبح ملفتاً للنظر خاصة انه لم يكن بالامكان يومئذ اعداد شفرات رقيقة

ودرس هوك الآمونية وبين ان الخطوط الواصلة الضامة كانت اغشية حاجزة، وحواجز تفصل الجيوب ، مما يقرب هذه الحيوانات المتحجرة من القوقعات الحالية . وأكثر من ذلك، كان هوك Hooke طليعياً لا ينازع فيما خص النظرية التحويلية ، عندما كتب :

« قد يوجد انواع مختلفة من نفس النوع . . . » « نحن نعلم، ان تقلب المناخ، والارض والغذاء، يحدث غالباً تغييراً في الاجسام التي تحملت هذا التقلب » . (« فالكلاب والماعز . . . يتغير مظهرها مع المناخ ومع الغذاء . واذا نقلت هذه الحيوانات وغيرها الى مكان غير مكانها، فمن المتوقع ان ينتج عن ذلك تغييرات » .

وندين لادوار لويد Edward Lhuyd بعمل جليل: « ليتوفيلاسي بريتانيسي ايكونوغرافيا » (1699) الذي يتضمن وصفاً لـ1600 حيوانٍ ونباتٍ متحجر التقط في انكلترا، و250 نوعاً رسم بعناية فوق 23 لوحة بمقاس 8^o. ويلاحظ المؤلف انه توجد اشكال مشابهة في كل من انكلترا وايرلندا، ولكنه ينسب المتحجرات إلى إخراج الأرض أجساماً عضوية صغيرة توزع في الهواء والماء. ومع هذا فنحن مدينون له بأوصافٍ دقيقةٍ وبأسماء لأنواع، مثل « تريبراتولا » بين عضديات الأرجل، وترينكلوس بين ثلاثيات الفصوص. ومن ناحية الستراتيغرافيا، يبدو أنه فكر بوجود المتحجرات الخاصة ببعض الطبقات، عندما لاحظ أن الكرعانيات الطباشيرية في انكلترا وايرلندا تتشابه.

واعتمد جون وود ورد John Woodward هو ايضاً افكار عصره، ولكنه كان ملاحظاً ذكياً، لاحظ ان ارض انكلترا كانت مؤلفة من طبقات افقية، متراكمة، من اصل بحري، وتحتوي على متحجرات.

اما مارتان ليستر Martin Lister، فقد استولى على ملاحظات ج. اوين G.Owen الذي بيَّن منذ اواخر القرن 16 انتشار بعض القشرات فوق مساحات كبيرة.

وقد فهم ترتيب الطبقات الترسبية في انكلترا، ولاحظ حتى تكملة طبشور انكلترا في الطرف الآخر من المانش. ويبدو انه كان أول من فكر ببناء خارطة جيولوجية. ولكن مشروعه لم يوضع موضع التنفيذ.

المدرسة الالمانية من كيرشر Kircher الى ليبنيز Leibniz ـ تخصص اليسوعي الفيزيائي الأب ر. آتاناز كيرشر R.P.Athanase Kircher (1601 — 1680) بدراسة الارض، بزيارة مغارات رينانيا Rhénanie. وفي سنة 1635، وجد في روما، برفقة زميله العالم، الاب شاينر P.Scheiner. ورصد الشمس ثم وضع خارطة لها نشرها فيها بعد، سنة 1664، في كتابه « عالم ما فوق الارض ». لا شك ان هذه الخارطة عجيبة، بما فيها من « آبار ضوئية »، ومن لهب مرئي، ومن تضاريس وانفجارات بركانية ضخمة، ولكن لاول مرة تبدو الشمس ككوكب في حالة فوران وتغير. ولم تبق هناك الا خطوة للوصول الى الفكرة القائلة بان الارض ايضاً هي كوكب في طور التغير. وقد اجتاز ب. كيرشر P.Kircher هذه الخطوة، وأظهر لنا داخل الأرض، في صورتها الثالثة (راجع المجلد 1، القسم 1، الفصل 5): « نظاماً نظرياً للنيران تحت الأرضية، تبدو فيه البراكين كمنافذ أو مناور ». كل شيء غلط فيه، ولكن مع ذلك هناك قاعدة للملاحظات، كون كيرشر Kircher قد تجرأ على النظر الى ما يمكن ان يجري داخل الأرض؛ صحيح انه في سنة 1638 شاهد انفجار بركان فيزوف، مقروناً بهزة ارضية. **وعاد كيرشر Kircher بعدها، مثل ديكارت الى الفكرة القديمة عن القنوات الباطنية، التي توصل البحار** بالارض، حتى تنظم دورة واسعة للمياه، مما يمنع البحار من الفيضان. واستخدم كيرشر قوة المد لكي يجعل مياه البحار تصعد الى اعالي الجبال، لتعود بعدها عبر الانهار. وبدا رائداً من رواد الجيولوجيا الحديثة عندما كتب: « لا في الداخل، ولا في الخارج، لم تبق الارض على الحالة التي كانت عليها في البداية. » ثم قدم لائحة بالعوامل المغيِّرة: الحت، طغيان البحر، ترسبات الانهار، التحويرات التي

تحدثها الزلازل. وعزا الى النار الداخلية الفعل المؤثر في حياة الارض، كما ظنَّ ان الزلزال هو في اساس اختفاء الاتلنتيد (التي اعطى عنها خارطة) .

ولد ليبنيز Leibniz في ليبزيغ 1646 ، وأصبح سنة 1676 أمين المكتبة في بلاط دوق برنشويغ - لونبرغ Brunswick- Luneburg في هانوفر ، وكلف سنة 1680 ، بكتابة تاريخ آل هانوفر Hanovre ودوقية برنشويغ . وفيما كان يجوب ايطاليا بحثاً عن مستندات التقى ستينون Sténon فأعجبته منه تصوراته الجيولوجية . وكان قد قرأ ديكارت ، وأعجبته تفسيراته « الميكانيكية » إلا أنه لم يكن حتى ذلك الحين ، يستطيع الانفكاك من الفكرة القديمة وكان يعتبر أن « مصادر الميكانيكية يجب أن تكون في الفيزياء » . كما قرأ كيرشر Kircher واستشهد به .

وقرر البدء بدراسته التاريخية بعرضٍ جغرافي، وحتى جيولوجي. وبعد ذلك، اصبح التاريخ الجيولوجي للدوقية ضمن التاريخ الجيولوجي للارض، هذا التاريخ الذي يجب ان يستخدم كمدخل لعمله. هذا العمل « البروتوجا » لم ينشر في غوتنجن الا بعد 33 سنة ، بعد موته، في سنة 1749، اي في ذات السنة التي ظهرت فيها « نظرية الارض » لبوفون Buffon الفرنسي . الا ان مختصرا لها كان قد نشر منذ 1693 .

وكان ليبنيزLeibniz ، مثل ديكارت Descartes، يؤمن بالاصل الناري للكرة الارضية، وبوجود نار مركزية. واشار الى غزارة المواد شبه الزجاجية (Vitreuses)، والمظاهر البركانية، والمياه الحرارية ذات الحرارة العالية والهزات الارضية .

ومن جهة اخرى، كان ليبنيز يؤمن ان الارض ، منذ الخليقة. اصابتها تغييرات مستمرة بفعل النار والماء . وهنا ينفصل عن ديكارت الذي لم يكن يؤمن الا بفعل النار. وكانت فكرته عن التحولات الثابتة جزئية بالنسبة الى عصره. اما بالنسبة الى الطوفان، فقد كان ليبنيز يؤمن، ككل معاصريه، بان سببه لم تكن الامطار فقط، بل خروج المياه الباطنية بشكل مفاجيء من جراء تصدعات اصابت « قشرة الارض ». وميَّز بين الصخور ذات الاصل الناري والصخور الرسوبية، وظنَّ ان شكل التضاريس سببه المياه والرياح ، نظراً لان سلاسل الجبال سببها تفجرات سابقة على الطوفان .

وفي كتابه « محاولات جديدة »، كتبها سنة 1703 (ونشرت سنة 1765)، بدا ليبنيز وكأنه أول من عرف النوع :

« نحن نعرف النوع بالخلق، بحيث ان الشبيه الذي يأتي او يمكن ان يأتي من نفس الاصل او من نفس البذار سوف يكون من نفس النوع »، « الا انه لا يمكن تحديد حدود ثابتة للانواع » « ان الانواع مترابطة فيما بينها ولا تختلف الا بدرجات غير محسوسة »، « وكل شيء في الطبيعة يتم بالتدرج ولا شيء يحدث بالقفز » .

ونورد ايضاً جملة اخرى : « ربما، في بعض الازمنة او بعض الامكنة من الكون، كانت انواع الحيوانات او ستكون عرضة للتغيير اكثر مما هي عليه الآن فيما بيننا »

وكان ليبنيز وهو يكتب هذا، يحضر الافكار، بشكل واضح لكي تتقبل تطور الانواع الذي سوف يتوضح في القرن 18.

علماء التعدين : ستينون Sténon ، هويجن Huygens، بويس دي بودت Boece de Boodt - لقد ساهمت المينيرولوجيا او دراسة التربة المعدنية ، بآنٍ واحدٍ ، باساليبها، بالعلوم الرياضية، والفيزيائية والكيميائية والطبيعية، بحسب وجهات النظر المدروسة. ويمكن تقسيم علم التعدين هذا الى فروع هي :

1) علم البلارة والتبلر Cristallographie وهو علم التعدين الخالص الذي يدرس الخصائص المرتبطة بالتناظر Symétrie .

2) علم التعدين الكيميائي او دراسة التركيب الكيميائي لتربة المعادن.

3) علم الصتامة او الصخور (او التعدين بالمعنى الواسع) وهو يصف المعادن كتربة،ونشأتها وامتزاجها كصخور، ودورها في الطبيعة. وانفصل هذا الفرع الخاص من علوم الارض، باكراً ، عن الجيولوجيا بالذات، بعد ان كان كل الجيولوجيا بالمعنى الواسع .

وحوالي منتصف القرن 17 ، وبتأثير ديكارت خاصة، ولَّد تيار كبير من الفضول العلمي البحوث المتنوعة. ولم تنج التربة المعدنية من هذا. بل ان كلمة « المملكة المعدنية » ظهرت الى الوجود. وجرت محاولة لتصنيف الركازات المعدنية Minéraux

وبدأت في القرن 17 دراسة البلورات Cristaux تسترعي اهتمام المراقبين الكثر. في هذه الاثناء برزت ملاحظات مفيدة دوَّنها هوك Hooke ،ليونهوك Leeuwenhoek وبويل. وقام ستينون Sténon بدراسة اعمق لاشكال مختلف انواع البلور وخاصة البلورات الموشورية من كوارتز ذات القطع المستقيم السداسي الاوجه Hexagonale. ودرس مواطنه اراسموس بارتولين Erasmus Bartholin (1625 – 1698) بلورات سبات Spath ايسلندا (كالسيت)، وبهذه المناسبة، لاحظ، وهو الاول، ظاهرة الانكسار المزدوج للضوء (اكسبريمانتا كريستالي. . . ، كوبنهاغ، 1669). وبعد ذلك بقليل، حرر هويجن Huygens رسالة حول بنية الكالسيت، ثم « كتاب الضوء » الذي صدر سنة 1690. فقد افترض ان بلور الكالسيت يتكون من بيضاويات صغيرة دوارية مسطحة ومصفوفة بعضها فوق بعض بحيث تشكل مراكزها شبكة موشوريةسداسية يرتدي ثقبها Maille شكل موشور سداسي ذي شق من الكلسيت. هذا التصور ليس ببعيد عن الفكرة التي طورها هوي Haüy بعد قرن من الزمن .

ولد آنسلم بويس دي بودت Anselme Boëce de Boodt (1632 – ? 1550) في بروج، واستدعي سنة 1604 الى بلاط بوهيميا كطبيب واختصاصي بالحجارة الكريمة من قبل الامبراطور رودولف 2. واثناء اقامته في براغ كتب بويس دي بودت كتابه : « هيستوريا جماروم ولابيدوم » الذي ظهر سنة 1609، في هانو، في السنة التي نشر فيها كبلر Kepler ايضاً ، وكان في خدمة وبكفالة الامبراطور ، القوانين الأولى حول حركة الكواكب .

في هذا الكتاب عالج بويس دي بودت Boece de Boodt موضوع الاحجار الكريمة والاحجار اللطيفة، وكذلك موضوع عدد كبير من اشباه المعادن الاخرى وبعض الصخور. وفصَّل خصائصها، وامكنتها، واستعمالاتها. وشدد على اهمية التجربة التي مكنته من تبيين عدد من الخصائص الفيزيائية لاشباه المعادن. وميَّز بين خمس درجات فيها يتعلق بصلابة الاحجار : تربة قاسية، احجار طرية، احجار قاسية يستطيع المنشار العمل فيها، احجار لا يعمل فيها الا حجر السنباذج ثم الاحجار التي لا تعالج الا بالماس . ويبدو انه كان اول معدن عالج موضوع « البصريات »، دون ان يستطيع حل مشكلتها بالطبع. ودرس بعناية فائقة الماس، والياقوت Rubis والبجادي Grenat والسفير، والاوبال، والزبرجد، والطوباز، والكوارتز (وكان يميز بين انواعها سنداً للَّون)، والمرجان واللؤلؤ. وابتدع كلمة نفريت (حجر اليشم) Néphrite وذكر الاستعمالات الاستطبابية للاحجار الكريمة، ووصف ايضاً عدداً من المتحجرات والصخور، ما مجموعه 647 عنصراً ، وهذا كثير بالنسبة الى تلك الحقبة. وقد لاقى كتابه نجاحاً كبيراً : واعيد طبعه سنة 1636، 1647 و1649 وترجم الى الفرنسية سنة 1644 تحت عنوان « الجوهري الكامل او تاريخ الاحجار . . . ». .

المجموعات الجيولوجية الكبرى - لم تُفهم طبيعة المتحجرات ابداً ، ولكن وجودها وتنوعها اجتذبا الانتباه بما يكفي لولادة فكرة جمعها وتنضيدها. وسوف تصبح موضوع دراسات وموضوع نشرات .

وسوف يتأكد (منذ ذلك الحين) انه لا يمكن درس الصخور والمتحجرات الا اذا توفرت مجموعات للمقارنة وللنشر الوصفي المعتمد على الصور بشكل واسع . ويبدو ان اول مجموعة نشر كاتالوغها، هي مجموعة جوهان كانتمان (1518 – 1574) Johann Kentmann. وكان تصنيفها مرتكزاً على نظام اغريكولا Agricola. وارفق كنتمان Kentmann بها صورة لمكتبه الذي سماه : « اركاريروم فوسيليوم »[1].

وفي ايطاليا تكونت المجموعات الجيولوجية الكبرى الاولى. في المقام الاول من هذه، يجب ان نذكر مجموعة الفاتيكان ، التي اوجدها البابا سيكست ـ كانت Sixte – Quint. ولم ينشر الكاتالوغ ، الذي وضع سنة 1574 الا في سنه 1719. وقدم عنها م. مركاتي M.Mercati درساً تشريحياً مقارناً (غير مقصود)، فصور جنباً الى جنب الغلوسوبتر (Glossopètres = اللسان المحجر) وفكاً مفتوحاً لكلب البحر لكي يبرز تماثل الشكل، ولكنه لم يفهم ان في هذا تماثلاً في الطبيعة .

وهناك مجموعة اخرى كبرى هي مجموعة اوليس الدروفندي Ulisse Aldrovandi التي وضع لها كاتالوغاً جيداً مع ترقيم وعناوين ، سنداً لشهادة ميسون Misson الذي زارها سنة 1668 وشاهد

(1) ان كلمة ميزيوم اطلقت لاول مرة على بيت ربات الشعر والفنون (Muses) في الاسكندرية في القرن 3ق.م. (راجع التاريخ العام للعلوم ، مجلد 1 ، القسم 2 ، الكتاب 2 ، الفصل 1 ، وكان يدل على نوع من « الأكاديمية » . ولم تستعمل الكلمة إلا في القرن 16 ، للدلالة على مجموعة من النقود ، رغم احتجاجات علماء اللغة في ذلك الحين .

كاتالوغها المؤلف من 187 مجلداً . ونشر « ميزيوم ميتاليكوم » الذي وضعه الدروفاندي Aldrovandi من قبل امبروزيني Ambrosini سنة 1648، ثم حولت المجموعة الى ميزيوم (متحف) بولونيا. وكان « كالسيولاريوس » فيروناً وهو متحف مهمّ نظّمه فرانسيسكو كالزولاري Francesco Calzolari (1609-1522) موضوع العديد من الكاتالوغات .

وفي انكلترا، كان اول كاتالوغ مهم هو كاتالوغ مجموعة جون ترادسكان John Tradescant، لسنة 1656 . ومن بين الاشياء المحفوظة، ذكرت بصورة خاصة الاخشاب المتحجرة (Pyritisé) ثم شجرة البهشية المهترئة المجلوبة من « لوش نس » . وعرضت المجموعة في لامبث ثم نقلت الى « اشمولين ميزيوم » في اكسفورد، سنة 1683 (حيث لم تعد موجودة الآن، لا هي ولا مجموعات لويد وبلوت Lhuyd, Plot) . وكانت جامعة اكسفورداكثر حظاً ، فاحتفظت بمجموعة جون وود ورد John Woodward . ومن جهتها حصلت « الجمعية الملكية » على مجموعة روبير هوبرت Robert Hubert (المعروف بفورجس)، ونشرت كاتالوغها سنة 1664 .

واقترح روبير هوك Robert Hooke انشاء المتحف الوطني البريطاني الذي شدد على منافع المجموعات الكبرى : كتب يقول : « ان علماء الطبيعة يفتقرون، ليس فقط الى وصف لأنواع القواقع والاسماك ، بل الى وصف اشياء اخرى كثيرة. . ومن المستحسن تخصيص مستودع Repository لمجموعة كاملة، ما امكن، تتضمن كل انواع الاجسام الطبيعية التي يمكن العثور عليها بحيث يجد الفضوليون فيها بغيتهم فيرجعون اليها ويستخدمونها، ويدورون حولها ليقرأوا كتاب الطبيعة. . . . وبهذه المناسبة، اتمنى جداً ان يتضمن هذا المستودع Repository مجموعة كاملة ما امكن من الاصداف المتحجرة ومن المتحجرات المختلفة Pétrifications » .

وتوقع هوك Hooke تأسيس ما سوف يكون « البريتش ميزيوم » (التاريخ الطبيعي) . ورغب إيواءه في مونتاغو هوس، في بلومبري . ونظمت اوراق يانصيب لتمويل شراء العقار وتنظيم المبنى الجديد. ونقل المستودع (Repository)، والجمعية الملكية الى الميزيوم الجديد سنة 1781، وكان المؤسس الحقيقي للبريتش ميزيوم سير هانس سلوان Sir Hans Sloane الذي ترك للدولة مجموعاته الضخمة و000 20 ليرة استرلينية لحفظها .

مراجع القسم الثاني

مؤلفات عامة

Ouvrages généraux : *Histoire générale des civilisations*, t. IV : *Les XVI[e] et XVII[e] siècles* (R. MOUSNIER, 5[e] éd., Paris, 1967) ; Collection« Peuples et civilisations», t. IX : *La prépondérance espagnole (1559-1660)* (H. HAUSER, 3[e] éd., Paris, 1948) ; t. X : *Louis XIV (1660-1715)* (Ph. SAGNAC et A. de SAINT-LÉGER, 3[e] éd., Paris, 1949) ; Collection « Clio » : *Le XVII[e] siècle* (E. PRÉCLIN et V.-L. TAPIÉ, 2[e] éd., Paris, 1949) ; Collection « Nouvelle Clio » : *La France aux XVII[e] et XVIII[e] siècles* (R. MANDROU, Paris, 1967) ; R. GROUSSET et E.-G. LÉONARD, éd., *Histoire universelle*, t. III : *De la réforme à nos jours*, Paris, 1958 ; P. CHAUNU, *La civilisation de l'Europe classique*, Paris, 1966 ; F. BRAUDEL, *Civilisation matérielle et capitalisme*, t. I, Paris, 1967 ; B. WILLEY, *The seventeenth century background*, Cambridge, 1934 ; F. L. CARSTEN, *The Ascendancy of France (1648-1688)*, Cambridge, 1961 (« The new Cambridge modern history », t. V) ; H. A. Pr. SMITH, *History of modern culture*, 2 vol., New York, 1930-1934 ; R. K. MERTON, Science technic and society in seventeenth century (*Osiris*, vol. 4, 1938).

مؤلفات تتناول مجمل العلوم

Ouvrages touchant à l'ensemble des sciences : Bibliographies précédemment signalées de POGGENDORFF, SARTON et RUSSO. Ouvrages cités de CLAGETT, CROMBIE, DAUMAS, GUNTHER, HALL, KOYRÉ, MIELI-PAPP-BABINI (vol. 5 à 7), WOLF ; G. HANOTAUX, éd., *Histoire de la nation française*, t. XIV et XV, Paris, 1924 (*Histoire des sciences* par E. PICARD, H. ANDOYER, P. HUMBERT, Ch. FABRY, A. COLSON, M. CAULLERY) ; H. BUTTERFIELD, *The origins of modern science*, Londres, 1949 ; H. PLEDGE, *Science since 1500*, 2[e] éd., Londres, 1966 ; F. ENRIQUES et G. de SANTILLANA, *Compendio di storia del pensiero scientifico*, Bologne, 1948 ; M. BOLL et divers, *La science, ses progrès et ses applications*, t. I, 2[e] éd., Paris, 1950 ; R. LENOBLE et divers, Les sciences au XVII[e] siècle (revue *XVII[e] siècle*, janv. 1956) ; S. F. MASON, *Histoire des sciences*, Paris, 1956 ; A. R. HALL, *From Galileo to Newton, 1630-1720*, Londres, 1963.

الحياة العلمية

La vie scientifique : M. DAUMAS in *Histoire de la science*, Paris, 1957 ; M. ORNSTEIN, *The role of scientific societies in the seventeenth century*, 3[e] éd., Chicago, 1938 ; H. BROWN, *Scientific organizations in seventeenth century France*, Baltimore, 1934 ; Th. BIRCH, *History of the Royal Society of London*, rééd., 4 vol., New York, 1967 ; Sir H. LYONS, *The Royal Society, 1660-1940*, Cambridge, 1944 ; D. STIMSON, *Scientists and amateurs. A history of the Royal Society*, New York, 1948 ; E. MAINDRON, *L'Académie des Sciences*, Paris, 1888 ; *Histoire et prestige de l'Académie des Sciences (1666-1966)*, Paris, 1966 ; Institut de France, Académie des Sciences, *Troisième centenaire, 1666-1966*, 2 vol., Paris, 1967 ; A. FAVARO, Documenti per la storia dell' Accademia dei Lincei (*Bull. di bibl. e di storia delle scienze...*, vol. XX, 1887). *Archives du Muséum d'histoire naturelle*, volume du Tricentenaire, Paris, 1935.

دراسات متخصصة

Monographies : A. CARLI et A. FAVARO, *Bibliografia galileiana*, Rome, 1896 ; G. BOFFITO, *Bibliografia galileiana, 1896-1940*, Rome, 1943 ; E. GENTILI, *Bibliografia galileiana... (1942-1964)*, Varese, 1966 ; F. S. TAYLOR, *Galileo and the freedom of thought*, Londres, 1928 ; A. KOYRÉ, *Études galiléennes*, 2[e] éd., Paris, 1966 ; ID., *Galilée et la révolution scientifique du XVII[e] siècle*, Paris, 1955 ; G. ABETTI, *Amici e nemici di Galileo*, Milan, 1945 ; G. de SANTILLANA, *Le procès de Galilée*, Paris, 1955 ; GALILÉE, *Sidereus nuncius*, trad. fr., Paris, 1964 ; ID., *Dialogues et lettres choisies*, Paris, 1966 ; L. GEYMONAT, *Galileo Galilei*, 2[e] éd., Turin, 1962 ; *Atti del Symposium internationale... Galileo...*, Vinci, 1967 ; DIV., *Galilée, Aspects de sa vie et de son œuvre*, Paris, 1968 ;

E. McMullin, ed., *Galileo man of science*, New York, 1967 ; P.-M. Schuhl, *La pensée de Bacon*, Paris, 1949 ; R. W. Gibson, *A bibliography af Bacon's works and of baconiana...*, Oxford, 1950 ; H. F. Anderson, *Bibliography of Francis Bacon*, Chicago, 1948 ; I. Beeckman, *Journal*, éd. par C. de Waard, 4 vol., La Haye, 1939-1953 ; M. Mersenne, *Harmonie universelle*, Paris, 1636 ; rééd. Paris, 1961 ; Id., *Les Mécaniques de Galilée*, Paris, 1634 ; rééd. 1966 ; *Correspondance du P. Marin Mersenne*, éd. par C. de Waard, 10 vol. parus, Paris, 1933-1967 ; R. Lenoble, *Mersenne ou la naissance du mécanisme*, Paris, 1943 ; P. Gassendi, *Opera Omnia*, 6 vol., Lyon, 1658 ; rééd. Stuttgart, 1964 ; *Pierre Gassendi*, Paris, 1955 ; *Tricentenaire de Pierre Gassendi*, Paris, 1957 ; Ch. Adam, *Descartes, sa vie et son œuvre*, Paris, 1910 ; G. Milhaud, *Descartes savant*, Paris, 1921 ; E. Gilson, *Le rôle de la pensée médiévale dans la formation du système cartésien*, Paris, 1930 ; J. F. Scott, *The scientific work of René Descartes*, Londres, 1952 ; A. von Braunmühl, *Christopher Scheiner...*, Bamberg, 1891 ; P. Humbert, *Un amateur, Peiresc*, Paris, 1933 ; Id., *L'œuvre scientifique de Blaise Pascal*, Paris, 1947 ; A. Marre, *L'œuvre scientifique de Pascal*, Paris, 1912 ; Divers, *L'œuvre scientifique de Pascal*, Paris, 1964 ; A. R. Hall, ed., *The Correspondence of Henry Oldenburg*, 5 vol. parus, Madison, 1965-1968 ; H. Gouhier, *La philosophie de Malebranche*, Paris, 1928 ; L. Bloch, *La philosophie de Newton*, Paris, 1908 ; F. Cajori, *Sir Isaac Newton*, Londres, 1928 ; E. A. Burtt, *The metaphysics of Sir Isaac Newton*, Londres, 1925 ; L. T. More, *Newton*, Londres, 1934 ; Mrs and R. Babson, *A descriptive catalogue... of the works of Sir Isaac Newton...*, New York, 1950 ; E. N. da C. Andrade, *Isaac Newton*, Londres, 1954 ; *The Correspondence of Isaac Newton*, ed. by H. W. Turnbull, 4 vol. parus, Londres, 1959-1967 ; Y. Belaval, *Leibniz critique de Descartes*, Paris, 1960.

رياضيات

Mathématiques : Ouvrages cités de Becker et Hofmann, Bourbaki, Boutroux, Braunmühl, Cajori, Cantor (vol. 2 et 3), Chasles, Coolidge, Dedron et Itard, Hofmann, Kästner, Loria, Montucla, Smith, Tropfke, Zeuthen ; F. Cajori, *A history of mathematics*, 2e éd., New York, 1919 ; W. W. R. Ball, *Histoire des mathématiques*, 2 vol., Paris, 1928 ; E. T. Bell, *The development of mathematics*, 2e éd., New York, 1945 ; R. C. Archibald, *Outline of the history of mathematics*, 6e éd., Amer. Math. Monthly, 1949 ; J. E. Hofmann, *Geschichte der Mathematik*, 3 vol., Berlin, 1963 ; J. F. Scott, *A history of mathematics*, Londres, 1958 ; L. Brunschvicg, *Les étapes de la philosophie mathématique*, 4e éd., Paris, 1947 ; P. Boutroux, *L'idéal scientifique des mathématiciens*, 2e éd., Paris, 1955 ; D. T. Whiteside, Pattern of mathematical thought in the later seventeenth century (*Archive for History of Exact Sciences*, I, 3, Berlin, 1961) ; P. Sergescu, *Les recherches sur l'infini mathématique...*, Paris, 1949 ; C. B. Boyer, *The concept of the calculus*, 2e éd., New York, 1949 ; L. Geymonat, *Storia e filosofia dell' analisi infinitesimale*, Turin, 1947 ; L. E. Dickson, *History of the theory of numbers*, 3 vol., Washington, 1923 ; I. Todhunter, *History of the mathematical theory of probabilities...*, Cambridge, 1865 ; J. L. Coolidge, *History of geometrical methods*, Oxford, 1940 ; Id., *A history of the conic sections and the quadric surfaces*, Oxford, 1945 ; A. Amodeo, *Origine e sviluppo della geometria projettiva*, Naples, 1939 ; C. B. Boyer, *The history af analytical geometry*, New York, 1957 ; P. Tannery, *Mémoires scientifiques*, t. VI, Paris, 1926 ; H. Bosmans, nombreux articles (liste in *Arch. int. hist. des sci.*, t. 3, 1950) ; F. Ritter, *François Viète*, Paris, 1895 ; J. Itard, *Pierre Fermat*, Bâle, 1950 ; G. Knott, ed., *Napier tercentenary memorial volume*, Londres, 1915 ; R. Taton, *L'œuvre mathématique de G. Desargues*, Paris, 1951 ; A. Favaro, *B. Cavalieri*, Venise, 1915 ; E. Walker, *A study in the « Traité des indivisibles » of Roberval*, New York, 1932 ; F. Cajori, *William Oughtred*, Chicago, 1916 ; P. H. Osmond, *Isaac Barrow*, Londres, 1944 ; J. F. Scott, *The mathematical work af J. Wallis*, Londres, 1938 ; C. J. Scriba, *Studien zur Mathematik der John Wallis...*, Wiesbaden, 1966 ; H. W. Turnbull, *James Gregory*, Londres, 1939 ; Id., *The mathematical discoveries of Newton*, Londres, 1945 ; *The Mathematical Works af Isaac Newton*, ed. by D. T. Whiteside, 2 vol., New York, 1964-1967 ; *The mathematical papers of Sir Isaac Newton*, ed. by D. T. Whiteside, 2 vol. parus, Cambridge, 1967-1968 ; I. Newton, *Principes mathé-*

matiques de la philosophie naturelle, trad. Mme du CHÂTELET (Paris, 1756 ; rééd. 1966) ; ID., *La méthode des fluxions et des séries infinies*, trad. BUFFON (Paris, 1740 ; rééd. 1966) ; LEIBNIZ, *Mathematische Schriften* (GERHARDT, éd., 7 vol., Berlin, 1849-1863 ; rééd., 7 vol. Hildesheim, 1962) ; ID., *Die philosophischen Schriften*, 7 vol. (GERHARDT, éd., Berlin, 1875-80 ; rééd. Hildesheim, 1960-61) ; ID., *Briefwechsel mit Mathematikern* (Berlin, 1899 ; Hildesheim, 1962) ; J. E. HOFMANN, *Die Entwicklungsgeschichte der leibnizschen Mathematik...*, Munich, 1949 ; *Der Briefwechsel von Johann Bernoulli*, I, Bâle, 1953 ; Œuvres de Viète (Leyde, 1646), Fermat (5 vol., Paris, 1891-1922), Descartes (12 vol., Paris, 1896-1911 ; en cours de réédition), Torricelli (5 vol., Faenza, 1919-1944), Pascal (14 vol., Paris, 1908-1914), Huygens (22 vol., La Haye, 1888-1950).

ميكانيك

Mécanique : Ouvrages cités de DIJKSTERHUIS, DUGAS, DUHEM, JOUGUET, MACH, OLSCHKI ; R. DUGAS, *La mécanique au XVIIe siècle*, Paris, 1954 ; E. A. BURTT, *The metaphysical foundations of modern physical science*, 2e éd., Londres, 1932 ; E. W. STRONG, *A study in the philosophy of mathematical-physical science in the 16th and 17th centuries*, Berkeley, 1931 ; R. LENOBLE, *Mersenne et la naissance du mécanisme*, Paris, 1942 ; M. BOAS, Establishment of the mechanical philosophy (*Osiris*, t. X, 1952) ; E. T. BELL, *Christian Huygens and the development of science in the 17th century*, Londres, 1947 ; I. TODHUNTER, *A history of the theory of elasticity*, 2 vol., Cambridge, 1893 ; A. KOYRÉ, *Études galiléennes*, Paris, 1939 (2e éd., 1966) ; ID., *Études newtoniennes*, Paris, 1968 ; ID., *A documentary history of the problem of fall from Kepler to Newton*, Philadelphie, 1955 ; C. de WAARD, *L'expérience barométrique*, Thouars, 1936 ; W. E. K. MIDDLETON, *History of the barometer*, Baltimore, 1964 ; M. GUÉROULT, Métaphysique de la force chez Descartes et chez Malebranche (*Rev. de métaph. et de morale*, 1954) ; ID., *Dynamique et métaphysique leibniziennes*, Paris, 1934 ; P. COSTABEL, *Leibniz et la dynamique*, Paris, 1960 ; F. ROSENBERGER, *Newton und seine physikalischen principien*, Leipzig, 1895.

فلك

Astronomie : Ouvrages cités de BERTRAND, DELAMBRE, DREYER, JOHNSON, KOYRÉ, ZINNER ; PINGRÉ, *Annales célestes du XVIIe siècle*, Paris, 1901 ; BAILLY, *Histoire de l'astronomie moderne*, 3 vol., Paris, 1785 ; J. LALANDE, *Bibliographie de l'astronomie*, Paris, 1803 ; J.-C. HOUZEAU et A. LANCASTER, *Bibliographie générale de l'astronomie*, 2 vol., Bruxelles, 1882-1889 ; E. DOUBLET, *Histoire de l'astronomie*, Paris, 1922 ; F. BOQUET, *Histoire de l'astronomie*, Paris, 1924 ; G. BIGOURDAN, *L'astronomie. Évolution des idées et des méthodes*, Paris, 1931 ; H. MACPHERSON, *Makers of astronomy*, Oxford, 1933 ; G. ABETTI, *Storia dell' astronomia*, Florence, 1946 ; trad. angl., New York, 1952 ; A. KOYRÉ, *La gravitation universelle de Kepler à Newton*, Paris, 1951 ; ID., *La révolution astronomique. Copernic, Kepler, Borelli*, Paris, 1961 ; A. DANJON et A. COUDER, *Lunettes et télescopes*, Paris, 1935 ; H. C. KING, *The history of telescope*, Londres, 1956 ; C. ANDRÉ et G. RAYET, *L'astronomie pratique et les observatoires... depuis le milieu du XVIIe siècle*, 5 vol., Paris, 1874-1881 ; C. WOLF, *Histoire de l'Observatoire de Paris*, Paris, 1902 ; G. BIGOURDAN, *Histoire de l'astronomie d'observation et des Observatoires en France*, 2 vol., Paris, 1918-1930 ; H. SPENCER-JONES, *The Royal Observatory Greenwich*, Londres, 1943 ; Observatoire de Paris, *Trois siècles d'astronomie (1667-1967)*, Paris, 1967 ; P. HUMBERT, *Les astronomes français de 1610 à 1667*, Draguignan, 1942 ; J. A. REPSOLD, *Zur Geschichte der astronomischer Messwerkzeuge*, 2 vol., Leipzig, 1908-1914 ; E. ROSEN, ed., *Kepler's Conversation with Galileo's sidereal Messenger*, New York et Londres, 1965 ; Œuvres de Galilée (20 t., Florence, 1890-1909 ; rééd. en cours), de Kepler (8 vol., Francfort, 1858-1870 ; nlle éd. en cours de publication, Munich, depuis 1938) ; éd. anglaises du *Dialogo* de GALILÉE (Chicago, 1953 ; Berkeley, 1953), des *Principia* de NEWTON (Berkeley, 1946) ; éd. française des *Principia* (Paris, 1756 et 1967) ; M. CASPAR, *J. Kepler*, Stuttgart, 1948

فيزياء

Physique en général : Ouvrages cités de POGGENDORFF, GERLAND et TRAUMÜLLER, LASSWITZ, ROSENBERGER ; E. HOPPE, *Histoire de la physique*, Paris, 1928 ; F. CAJORI, *History of physics*, 2e éd., New York, 1929 ; W. F. MAGIE, *A source book in physics*, New York, 1935 ; H. VOLKRINGER, *Les étapes de la physique*, Paris, 1929 ; R. CAVERNI, *Storia del metodo sperimentale in Italia*, 6 vol.,

Florence, 1891-1900 ; P. Mouy, *Le développement de la physique cartésienne*, Paris, 1934 ; M. Daumas, *Les instruments scientifiques aux XVIIe et XVIIIe siècles*, Paris, 1953 ; Ch. Singer, E. J. Holmyard et A. R. Hall, *A history of technology*, vol. 3 : *1400-1650*, Cambridge, 1957 ; A. P. Usher, *A history of mechanical inventions*, 2e éd., Harvard Univ. Press, 1954 ; L. T. More, *Life and works of... Robert Boyle*, New York, 1944 ; J. F. Fulton, *Bibliography of Robert Boyle*, 2e éd., Londres, 1954 ; R. Boyle, *The Works*, 6 vol., Londres, 1772 ; rééd. Hildesheim, 1965-1966 ; M. Espinasse, *Robert Hooke*, Londres, 1956 ; H. W. Robinson et W. Adams, *The diary of Robert Hooke, 1672-1680*, Londres, 1935 ; R. Hooke, *Micrographia*, Londres, 1665 ; rééd. Londres, 1964 ; I. B. Cohen, ed., *Isaac Newton, Papers and Letters on natural Philosophy*, Cambridge, U.S.A., 1958.

بصريات

Optique : J. Priestley, *History and present state of discoveries relating to vision, light and colours*, 2 vol., Londres, 1772 ; E. Verdet, *Leçons d'optique physique*, 2 vol., Paris, 1869-1870 ; D. N. Mallik, *Optical theories*, 2e éd., Cambridge, 1917 ; E. Hoppe, *Geschichte der Optik*, Leipzig, 1926 ; C. E. Papanastassiou, *Les théories sur la nature de la lumière de Descartes à nos jours*, Paris, 1935 ; C. Pla, *El enigma de la luz*, Buenos Aires, 1949 ; V. Ronchi, *Histoire de la lumière*, Paris, 1956 ; Id., *Galileo e il cannochiale*, Udine, 1942 ; R. Savelli, *Nel terzo centenario del «De lumine» di F. M. Grimaldi*, Florence, 1966 ; I. B. Cohen, Roemer and the first determination of the velocity of light (*Isis*, t. 31, 1943) ; I. Newton, *Opticks*, Londres, 1704 (rééd. New York, 1952 ; trad. fr., Paris, 1720 ; rééd. Paris, 1955) ; E. R. Thomas, *Newton and the origin of colours*, Londres, 1934 ; K. J. A. Halbertsma, *A history of the theory of colours*, Amsterdam, 1949 ; R. S. Clay et T. H. Court, *The history of the microscope*, Londres, 1932 ; Ed. Frison, *L'évolution de la partie optique du microscope*, Leyde, 1954 ; M. Rooseboom, *Microscopium*, Leyde, 1956.

مغناطيس وكهرباء

Magnétisme et électricité : J. Priestley, *History and present state of electricity...*, Londres, 1767 ; trad. fr., Paris, 1771 ; M. Sigaud de Lafond, *Précis historique et expérimental des phénomènes électriques*, Paris, 1781 ; Th. Martin, *La foudre et le magnétisme chez les Anciens*, Paris, 1866 ; E. Sartiaux et M. Aliamat, *Principales découvertes et publications concernant l'électricité*, Paris, 1903 ; P. F. Mottelay, *Bibliographical history of electricity and magnetism*, Londres, 1922 ; E. Hoppe, *Geschichte der Elektrizität*, Leipzig, 1884 ; D. M. Turner, *Makers of science : electricity and magnetism*, Oxford, 1927 ; J. Daujat, *Origine et formation des théories de l'électricité et du magnétisme*, Paris, 1947 ; M. Gliozzi, *L'electrologia fine al Volta*, 2 vol., Naples, 1947 ; E. Bauer, *L'électromagnétisme hier et aujourd'hui*, Paris, 1949 ; E. T. Wittaker, *History of the theories of aether and electricity*, 2e éd., 2 vol., Edimbourg, 1951-1953 ; D. H. D. Roller, *The « De Magnete » of William Gilbert*, Amsterdam, 1956 ; J. Smolka, Otto de Guericke et son rôle dans l'histoire de l'électricité (*Acta hist. rer. natur. necn. techn.*, spec. issue 2, 1966).

كيمياء

Chimie : Ouvrages cités de Crosland, Delacre, Duveen, Ferguson, Fierz-David, Holmyard, Jagnaux, Leicester et Klickstein, von Lippmann, Ostwald ; J. R. Partington, *A short history of chemistry*, Londres, 1948 ; H. Metzger, *La chimie*, Paris, 1930 ; Id., *Les doctrines chimiques en France du début du XVIIe siècle à la fin du XVIIIe siècle*, Paris, 1923 ; Id., *La genèse de la science des cristaux*, Paris, 1918 ; F. Szabadvary, *History of analytical chemistry*, Londres, 1966 ; H. de Waele, *J. B. van Helmont*, Bruxelles, 1948 ; T. S. Patterson, J. Mayow's contribution to the history of respiration and combustion (*Isis*, vol. 15, 1931) ; M. Boas, *Robert Boyle...*, Cambridge, 1968 ; G.-E. Stahl, *Œuvres médico-philosophiques*, t. 2 à 6, Paris, 1859-1865.

علوم الإحياء

Sciences biologiques en général : Les ouvrages précédemment cités de Canguilhem, Caullery, Locy, Mendelsohn, Nordenskiöld, Rádl, Raven, Rostand, Singer ; G. Cuvier, *Histoire des sciences naturelles*, 5 vol., Paris, 1831-1845 ; J. Metzler, *Niels Steensen*, Copenhague, 1928 ; E. Guyénot, *Les sciences de la vie aux XVIIe et XVIIIe siècles*, 2e éd., Paris, 1956 ; M. Caullery, La biologie au xviie siècle (*XVIIe siècle*, janv. 1956) ; G. Scherz, *Nicolaus Steno and his indice*, Copenhague, 1958 ; Id., *Pionier der Wissenschaft. Niels Stensen in seinen Schriften*, Copenhague, 1963 ; Id., *Niels Stensen...*, Stuttgart, 1964.

Zoologie : Les ouvrages précédemment cités de Anker, Bouvier, Carus, Delaunay, Hall, Loisel, Nissen, Petit et Théodoridès ; C. Dobbel, *Antony van Leeuwenhoek and his « little animals »*, Londres, 1932 ; J. Rostand, *L'évolution des espèces. Histoire des idées transformistes*, Paris, 1932 ; F. J. Cole, Leeuwenhoek's zoological researches (*Ann. of Sci.*, I, 1937, 1-46) ; A. Schierbeeck, *The collected letters of A. van Leeuwenhoek*, 8 vol. parus, 1939-1967 ; M. F. A. Montagu, *Edward Tyson*, Philadelphie, 1943 ; G. R. de Beer, *Hans Sloane and the British Museum*, Londres, 1953 ; L. Belloni, *Francesco Redi biologo*, Pise, 1958 ; W. Harvey, *De motu locali animalium*, éd. Whiterridge, Londres, 1959 ; A. Schierbeeck, *Measuring the invisible world ; the life and works of Antoni van Leeuwenhoek*, Londres et New York, 1959 ; H. P. Adelmann, *Marcello Malpighi and the evolution of embryology*, Ithaca (N. Y.), 1966, 5 vol. ; J. Théodoridès, Les grandes étapes de la parasitologie (*Clio Medica*, I, 1966, p. 129-145, 185-208).

تشريح وفيزيولوجيا حيوانية

Anatomie et physiologie animales : Les ouvrages précédemment cités de Choulant, Foster, Herrlinger et Kudlien, Rothschuh, Singer ; F. F. Cole, *Early theories of sexual generation*, Oxford, 1930 ; J. F. Fulton, *Selected readings in the history of physiology*, Springfield, 1930 ; Id., *A bibliography of the writings af W. Harvey*, 2e éd., Cambridge, 1953 ; G. Canguilhem, *La formation du concept de réflexe aux XVIIe et XVIIIe siècles*, Paris, 1955 ; Ch. Singer, *The discovery of the circulation of the blood*, London, 1956 ; L. Chauvois, *William Harvey*, Paris, 1957 ; W. Pagel, *William Harvey's biological ideas...*, Basel-New York, 1967.

طب

Médecine : Ouvrages précédemment cités de Bariéty et Coury, Castiglioni, Daremberg, Delaunay, Diepgen, Garrison, Garrison et Morton, King, Laignel-Lavastine, Singer et Underwood, Sprengel, Sudhoff ; A. Portal, *Histoire de l'anatomie et de la chirurgie*, 6 vol., Paris, 1770 ; Th. de Bordeu, Histoire de la médecine, in *Œuvres complètes*, t. II, Paris, 1818 ; M. Raynaud, *Les médecins au temps de Molière*, Paris, 1863 ; P. Pic, *Guy Patin*, Paris, 1911 ; P. Lecène, *L'évolution de la chirurgie*, Paris, 1923 ; F. R. Packard, *Guy Patin and the medical profession in Paris in the seventeenth century*, New York, 1925 ; W. Pagel, *Johannes Baptista van Helmont ; Einführung in die philosophische Medizin des Barocks*, Berlin, 1930 ; L. Reutter de Rosemont, *Histoire de la pharmacie*, 2 vol., Paris, 1931 ; J. Levy-Valensi, *La médecine et les médecins en France au XVIIe siècle*, Paris, 1933 ; E. Kremers et G. Urdang, *History of the pharmacy*, Philadelphie, 1940 ; E.-H. Guitard, *Manuel d'histoire de la littérature pharmaceutique*, Paris, 1942 ; J. Guiart, *Histoire de la médecine française*, Paris, 1947 ; K. Dewhurst, *Dr Thomas Sydenham*, Londres, 1966 ; P. Huard et M. D. Grmek, *La chirurgie moderne. Ses débuts en Occident : XVIe, XVIIe et XVIIIe siècles*, Paris, 1968.

علم النبات

Botanique : Les ouvrages précédemment cités de Arber, Blunt, Davy de Virville, Green, Jessen, Meyer, Möbius, Nissen, Reed, Sachs ; F. W. Oliver, *Makers of british botany*, Cambridge, 1913 ; C. E. Raven, *John Ray naturalist*, 2e éd., Londres, 1950 ; R. Heim et divers, *Tournefort*, Paris, 1957.

علوم الأرض

Sciences de la Terre : Ouvrages cités de Adams, Geykie, von Groth, Kobell, de Margerie, Mather et Mason, Meusnier, Zittel ; M. Daubrée, Descartes, l'un des créateurs de la cosmologie et de la géologie (*Journal des savants*, 1880) ; R. Lenoble, *La géologie au milieu du XVIIe siècle*, Paris, 1954 ; J. G. Garret, The Prodromos of Nicolaus Steno's dissertation... (*Univ. Michigan studies*, hum. ser., 1916, vol. XI) ; C. Pécaut, L'œuvre géologique de Leibniz (*Rev. gén. des sci.*, 1951) ; R. Furon, *La paléontologie*, 2e éd., Paris, 1951 ; W. N. Edwards, *Guide to an exhibition illustrating the early history of palaeontology*, Londres, 1931 ; J. E. Hiller, Boèce de Boodt, précurseur de la minéralogie moderne (*Ann. Guébard-Séverine*, 1935).

القسم الثالث :

القرن الثامن عشر

بخلال اقل من قرن، بعد نشر « الماغنيت » (المغناطيس) لجيلبرت (1600) وحتى نشر « مبادىء» نيوتن (1687) Newton، تغير وجه العلم بشكل عميق حتى اصبح غير معروف، ولكن، بدلاً من قتل الميل نحو البحث، عملت ضخامة التقدم المحقق ـ وهي تبعث ثقة عظيمة في القيمة التفسيرية وفي القيمة العملية للعلم ـ من اجل اعمال جديدة. ومن اجل اكتشافات جديدة. **فضلاً** عن ذلك، كان اتساع المجالات المفتوحة حديثاً امام العلم، بحيث ظلت قطاعات واسعة اذا لم تكن للكشف ايضاً ، فعلى الاقل للاستثمار بشكل منهجي .

ولهذا انفتح القرن 18 ضمن مناخ من التفاؤل . وسرعان ما اخذ اكثر ملوك اوروبا يتنافسون في رعاية وفي تأسيس الاكاديميات، متيحين امام العديد من العلماء ، وهم كونيو التوجهات بطبيعتهم، كي يعملوا ضمن مناخ من الطمأنينية النسبية. الا ان العلم ساهم بنشاط في الحركة الفلسفية، ضمن قرن الانوار، وفي الاعداد الفكري « للثورة الفرنسية » . ان العلم، كعامل قوي الاثر في تحرير الفكر، قد بدا ايضاً في نظر الموسوعيين «الانسيكلوبيديين » وخلفائهم كعامل قوي من عوامل التقدم الاجتماعي، يتيح اجراء تحسين سريع في ظروف معيشة البشرية .

نظرة طوباوية ولا شك ، ولكنها، بالتزاوج مع الاعتبار الموروث عن الاكتشافات الكبرى التي حصلت بخلال القرن السابق، ومع الحركة الضخمة للفضول العلمي الذي سببه انتشار النيوتنية والفيزياء التجريبية ، ساهمت في الانتشار الاوسع للعلم، وبالتالي، في تسريع التقدم .

ان المهمة الاساسية للرياضيين في القرن 18 سوف تكون التوضيح والتوسيع والتنسيق، والتطبيق للاكتشافات الحديثة . ان تطور الحساب اللامتناهي الصغر، واستعمال ادوات جديدة: معادلات تفاضلية ، معادلات ذات الاشتقاقات الجزئية ، حساب التغيرات، الخ كل ذلك اتاح استكمال البناء ، بناء الميكانيك السماوي النيوتني، كما اتاح متابعة ترييض الميكانيك، ثم القيام بترييض السمعيات الهيدروديناميك .

وعلى موازاة هذا الجهد النظري، شاهد القرن 18 نهضة فخمة في الاسلوب التجريبي، الذي

وان كان قد رعاه العديد من الفيزيائيين في القرن 17، الا انه عانى من نجاح الديكارتية. وانتشرت « الفيزياء التجريبية » من انكلترا ومن البلدان المنخفضة فعمت مختلف بلدان اوروبا، حيث عرفت انتشاراً غريباً ، وتوافق صعود الفيزياء مع النجاح النهائي للنيوتنية وتفوقها على النظام الديكارتي، الذي سقط، منذ زمن بعيد، في الروتين الجامد. ونتجت النجاحات الكبرى المحققة في دراسة الكهرباء والمغناطيسية والحرارة والكيمياء ، عن تعايش وتفاعل هذين التيارين تيار التفكير النظري وتيار البحث التجريبي.

في حين ان علوم الارض عالجت المشاكل الاساسية، بحرية فكرية اكبر، كما عرفت علوم الحياة تقدماً سريعاً بفضل النهج الطبيعي للتصنيف، وبفضل العديد من الدراسات الوصفية وبفضل بحوث الفيزيولوجيا الحيوانية والنباتية، والاهتمام الذي لاقته المسائل الكبرى المتعلقة بنشأة وبخلق الكائنات الحية.

وهكذا، وان بصورة اقل بروزاً ووضوحاً ، تابع القرن 18، وعبر طرق اصيلة في اغلب الأحيان ، الجهد الضخم الذي قام في القرن السابق ، فقدم نتائج عديدة غير معروفة من قبل ، وصاغ نظريات خصبة ، وفتح أمام البحث آفاقاً جديدة .

قرن الفضول

« القرن الكبير » هو القرن الثامن عشر. هذا ما قصدت. . » بهذا الكلام اوضح ميشيلي Michelet تفضيله لعصر يخترع بدلاً من عصر يقتصر على العرض . في فرنسا ، لقد ولى زمن القصائد المأسوية الكاملة ، والجنائن الكاملة ، وأخذت الملكية المطلقة تتجه نحو الانحدار . وجاء وقت المجادلات المتحمسة : في أوروبا أخذ الأمراء يفتشون عن الهامهم في الأفكار بدلاً من المراثي واستمدوا من الفلاسفة ، إن لم يكن خطط العمل ، فعلى الأقل الميل الى التداول والتشاور . وأخذت أوروبا تنظر الى العالم بعين جديدة : لا كخزان للثروات التي يجب الاستيلاء عليها بل كخزان لحضارات يجب فهمها .

حدود القرن ـ القرن الثامن عشر ؟ انه بالضبط والتمام مئة عام بين 1700 و1800؟ في انكلترا، لقد بدأ باكراً ، وربما منذ ثورة 1688 . وفي روسيا، بدأ متأخراً، وبدون شك سنة 1763، مع مجيء كاترين الكبرى Catherine . وبنفس اللعبة، يمكن تحديد سنة 1740 بالنسبة الى المانيا (او على الأقل فقط بالنسبة الى بروسيا فردريك الثاني Frédéric II). والعادة جرت اعتبار سنة 1715 فيما خص فرنسا ، وهو تاريخ مقبول . هل اختيار هذه التواريخ هو اختيار عشوائي ؟ ان اي تحليل، مهما بدا طويلاً وتسنده « الوقائع » لا ينجح في تبرير الاختيار.

ان هذا الاختلاف في التواريخ بين الغرب والشرق، يبدو محسوساً ولكن تصعب برهنته. ان اي فرد كثير المطالعة، ومتحرر في فكره، سوف يوافق على هذا التحديد بفارق بسيط لا يتجاوز السنوات القليلة.

لقد استيقظ القرن 18 اولاً في انكلترا، وفي فرنسا . ولكن ما هو حاله في العالم ؟ لا الصين ولا الهند، ولا ما تبقى، في الخراب، من اميركا الهندية ، ولا افريقيا، ان اياً منها لم يشعر اقل شعور بالانتهاء الى القرن 18 . ان اميركا الاوروبية فقط، اعتمدت روزنامة اوروبا وبخاصة الروزنامة الانكليزية. وخارج اوروبا (والاوروبيين) لم تكن الحضارة ذات الاسس العلمية قد ولدت بعد : بل ان احداً لم يشعر بوجودها.

ولانه يجب الكلام عن العلم فقط من اجل تمييز القرن 18 اذا شئنا ان نعثر على شيء افضل من تحكمية الروزنامة الغريغورية. عصر الانوار؟ عصر يفتش عن نور جديد ينتظر من « الفكر » ما كان متوقعاً ، قبله، من « النفس »، عصر انصب على معاداة الدين ، من اجل اعادة بناء الشخص البشري ، بشكل افضل تحت طائلة تحطيم العلاقات التقليدية التي كانت تربط الاحساس والتأمل (من هنا الازمات العنيفة) اللذين يشكل مجموعهما الايمان ، من اجل ربط التجربة والعقل في ضمّة سوف تشكل العلم .

ان القبول بهذا التعريف لعصر الانوار يعني القبول بهذا الفارق بين الشرق والغرب والذي يضع الحدود القارية لاوروبا (على اطراف اسيا)على اكثر من خمسين سنة بعداً عن الحدود البحرية لاوروبا، على شاطيء الاطلسي. وهذا الفارق يعني ايضاً شيئاً ما: ان التقدم يأتي من الاطلسي. لا شك ان القوافل البطيئة في سهوب اسيا الوسطى، كانت تتجه دائماً من شواطيء هوانغ ـ هو الى شواطيء البحر الاسود، قوافل حاول الانكليز استثمارها عند مرورها. متربصين بها دائماً عند شواطيء بحر الجزر، بفعل شركتهم المسماة « موسكوفيا ». ولكن هذه القوافل لا تستطيع بنجاح مقاومة قوة التجارة البحرية الانكليزية، وخاصة الهولندية والفرنسية، والبرتغالية ايضاً ، التي كانت تمتص عبر المرافيء اشباه الجزر الاسيوية الغنية، واسياد البحر هؤلاء كانوا ايضاً اسياد اميركا .

مصادر الذوق ـ انه قرن التجارة البحرية العالمية. لا شك ان اوروبا عرفت منذ قرون الكثير من انتاج بقية العالم، انما على شكل عيّنات، وبكميات صغيرة. اما هذه المرة فكميات البضائع الجديدة ضخمة، وتدخل بعمق في المدن الداخلية (وبخاصة في غربي اوروبا) لكي تعدل الاذواق، وتستثير الفضول وتفتح روح المغامرة، وتحمل الخيال نحو الشواطيء الخلاقة. ومن السهل فهم الاهتمام الحاد الذي اتجه نحو الجنينات العلمية النباتية. فالكثير من الانواع غير المعروفة وسعت افق الاحساس بالطبيعة، او بصورة افضل اعطته حجماً ابعد وعمقاً يضاف الى مساحات المناظر الريفية المعتادة. ولكن الاشربة ايضاً والاطعمة الجديدة ايقظت الشهيات كما انها اغنت خزانة الادوية. واستمتعت العين برؤيات جديدة وبأقمشة وبحاجيات ، واصبحت بدورها اي العين متطلّبة .

مطالب جديدة يقتضيها الاحساس، جعلت انسان القرن الثامن عشر أكثر حساسية وأكثر ابداعاً.
وانتقال بضعة ملايين من الناس من حالة الاحساس المتلبد بالاعتياد الى حالة الحساسية المتزايدة والاكثر حدة، هذا الانتقال نمى الميل نحو الرفاهية ونحو الراحة. وامام رهافة الاحساسات ولطفها في القرن الثامن عشر بدت عادات كثيرة كانت سائدة في القرون الماضية اقرب الى البربرية. وكذلك الفكر ترهف مع ترهف الحواس. والشيء الذي كان يرضي اتباع لويس الكبير، بدا تافهاً او تبجحاً في نظر اتباع لويس الخامس عشر المحبوب وساد في هذا القرن، القرن الثامن عشر مناخ أقلّ صرامة واكثر لطفاً : فساد الشك والمرح والحرية واخذ الانسان يجرب نفسه ويغامر. واخذ يهرب من القواعد ومن الاصول ومن التشريفات، واتجه نحو الجدة ونحو التجربة ، فوقع غالباً ، وفي اغلب الاحيان في التافه وفي الصعب والخطر، ولكنه اكتشف التقدم احياناً .

اصول العلم ـ هنا يكمن ولـع هذا العصر . ان اوروبـا ، ومنذ قـرنين تـوجهت للبحث عن قارات جديدة ، واكملت تقريباً اكتشاف الكـرة الارضية . والى هـذا البحث فوق السـطح جاء دور البحث في العمق (رغم ان التوجهين كانا يتعايشان ويدعم احدهما الآخر، الا ان الميل كان يذهب مرة بهذا الاتجاه أو بذاك) . اكتشاف في العمق أدى الى نتائج مدهشة في كل مجالات سلم المعرفة .

في القمة : نيوتن Newton ، او اذا فضلنا اسم الشيء على اسم الانسان ، مكانة الكرة الارضية في الكون . هنا انفتح القرن الثامن عشر ، في انكلترا على احدى هذه العجائب العلميـة التي عددهـا قليل في تاريخ البشرية . وتدل اعرق المستندات على الجذب الذي مارسته القبة السماوية على خيالات الناس . في القرن السادس عشر تراكمت ، بفضل كوبرنيك Copernic وتيكوبراهيTycho Brahé ، **وفي بداية القرن السابع عشر، مع كيبلر Kepler وغاليليGalilée ، تراكمت المذكرات والملاحظات** التي تتزايد دقتها ، بفضل هذا الفضول العلمي . اية غزارة . ولكن ايضاً توافق نضّج الازمنة بفضـل تراكم الجهود واندماجها ، جهود من آلاف مؤلفة . وعلى نيوتن Newton هبط الحظ والشرف في كشف الصيغة الوحيدة . وزيادة عـلى ذلك ، ومن اجـل هذا الاكتشـاف ، واستثماره ، حقق نيـوتن وسائـل مدهشة في الحساب جعله يستخدم في حقل اوسع بكثير من حقل علم الفلك .

وتجاوزت اهمية نيوتن الدور الحاسم لاكتشافاته الفلكية والرياضية . ان اختصـار العالم بصيغـة واحدة (اذ هكذا فسرت العقول النيرة كتاب نيوتن المبادىء) اسكر المفكرين بالامل ، وجعل الثرثارين لا يهدأون . وبعد فونتينيل Fontenelle اخذ كبار وصغار المعلمين في فرنسا وفي اوروبا يكتبون ، خيراً او شراً ، عن الامكانات التي لا حد لها ، امكانات الفكر البشري . وبعدها اصبحت الجرأة والطموح لا حدود لها .

الاداب والعلم ـ ان البحث والانشـاء قد تشجعـا ، ليس من اعلى فقط ، بـل ايضاً بفضـل العديد من التفصيلات الصغيرة في الحياة اليومية التي تغذي التجربة البشرية وتطرح اسئلة لا نهاية لها على الحرفيين ، الذين دفعوا لكي يصبحوا مبتكرين ومخترعين . ان بناء البيـوت وتنظيم المـدن وابتكار الاثـاث ، والمطبـخ ، والثياب ، كـل شيء يبحث عن التقـدم ، اي عن تكيف افضـل مـع حـاجـات الانسان ، انه بحث عن ما سوف يسمى بكلمة انكليزية الرفاه . هذه هي البيوت تصبح منظمة تبعـاً للمفيد اكثر مما هي من اجل الابهة . واضيئت الشوارع ونظفت ، وأنشئت الارصفة من اجل المشاة ، وبنيت في آخر القرن بعض قنوات للمياه الجارية . وهذه هي الاثاثات المنزلية تفقد رسميتها لتصبح اكثر راحـة (وقد سـادت الكلمة في مصـانع الابنـوس) واصبحت المقاعـد بشكل يـلائم شكل الاجسـام الجالسة . والكل رتب في غرف افضل اضاءة وافضل حماية وافضل ترتيباً . وبدلاً من الذهب والرخام ، وهي مواد قاسية فضلت التحف المشغولة بدقة حيث تتراكم عجائب العبقرية . وفي آخر القرن جاء دور الالات الاوتوماتيكية . واضيفت الى الاقمشة الحريرية الموشاة بخيوط الذهب القطنيات المطبوعة . وفي كل ضواحي المدن في اوروبا تصور الحرفيون وجربوا وكيفوا معداتهم ، وفتشوا عن مواد جديدة تتلاءم

اكثر مع متطلبات الموضة الجديدة. وكذلك الطباخون كانوا احياناً عالمين بالنبات وكانوا يتطلعون ايضاً الى الصيادلة .

ولكن هذا ليس من أجل إرجاع التجارة الى العادات الطبية التي كانت تجعل من تاجر الأفاوية ، بائع خرضوات ، وبائع غرائب الغرائب المكلفة ، أو اكسير إطالة العمر . بل بالعكس من أجل إدخال التغيير على نمط الحياة ، تغيير يعد المكان لثورة في فن العناية : الى هذا كان التطلع .

ان الكثير من العناصر المستعملة في الصيدلة : مثل القرفة والزنجبيل وغيرهما من المستحضرات البعيدة المكلفة والنادرة ، والتي اصبحت سهلة التناول فجاءة ، مثل الكحول ايضاً والذي سمي شعبياً بماء الحياة ، كل هذه الاشياء اصبحت من التوابل، او من المتممات العادية ، لطعام اقل غزارة ولكنه اكثر تنوعاً ، واقل ازدحاماً . وكان على الاطباء ان يصبحوا شيئاً آخر غير رعاة الحماية والنظام في الطعام . ان معالجتهم لن تقتصر بعد الان على رعاية الاخلاط والامزجة . وقد وضع التشريح بفضل الجراحة الضوء على الاهمية الخاصة للاعضاء ، كما فتح السبل امام كلود برنار Claude Bernard وامثاله. وهذا في زمن سرع فيه اللقاح اكتشافات باستور Pasteur، قبل ان يدرك سر نجاحه .

وليس هذا كل شيء لقد امتد الاصلاح في فن الطبخ فشمل البعد النباتي، وبصورة خاصة الحيواني : فادخلت في لائحة الاطعمة اللحوم « الضخمة » التي ظلت تعتبر حتى ذلك الحين اطعمة مبتذلة، وهذا ادى الى معرفة افضل في تشريح الحيوانات، والى تجربة جديدة في تربيتها .

وتدلنا زيارة اي فندق صغير خاص في القرن الثامن عشر على زينات خشبية لطيفة ، وعلى اقفال مضبوطة ، وعلى زينات من الزهور والاثمار والحيوانات، وعلى مناظر ريفية (وكل ذلك مرسوم او منجّد)، وكل ذلك على نمط بوفون Buffon . وبوفون من مونتبار : نجار وحداد، ومدقق في الكائنات الحية ومهندس زراعي وخبير ايضاً.

هذا القرن اعطى ادباً غزيراً حول طبيعة النار. وتمت العودة الى ارسطو قبل التحمس من اجل تجارب فرانكلين Franklin حول الصاعقة . وكان فولتير Voltaire، (ومدام شاتيله Mme du Châtelet) يراقبان في مختبرهما المجهز حسب موضة العصر. وفي كل هذه التجهيزات خرجت الكيمياء الحديثة بفضل جهود لافوازيه Lavoisier . ولم يقتصر الامر على الابحاث النظرية التي قام بها علية القوم، بل بذلت جهود من قبل الصناع والحرفيين لاقامة مدافىء تدفىء جيداً . ولكن هذا الانجاز القوي لم يكن سهل التحقيق. فقد جهد القوم في كيفية معالجته، وفي السنة 1720 قامت تقنية (او علم حسب نمط العصر؟) هو علم الكامينولوجيا. فقد كان من الواجب دراسة انعكاسات الاشعة الحرارية على القرميد او الرخام ، وكان من الواجب درس المجاري من اجل الحصول على دفق للهواء المساعد.

فلم يكتف بقياس قوة تصاعد الهواء الحار بسبب خفته ، بل درست ايضاً الضغوطات التي تتزايد بتزايد الحرارة. وحول الاشتعال قدرت العلاقة بين الجسم المحروق والهواء الذي يرفع اللهب.

وهكذا تجمع حول ركن النار عدة علوم نشأت من الاهتمامات السائدة في ذلك العصر وكلها من اجل الرفاه في المعيشة. عدة علوم ؟ : قياس الحرارة ، ميزان الهواء ، ديناميك الغازات ، واكثر من ذلك الكيمياء التي انطلقت من ملاحظة الاشتعال .

ان عمل لافوازيه، هو ابن العصر الغني، ابن العصر الذي يريد ان يعيش حياة رفاه ويريد التمتع بالحياة ، والتنعم بكل لذائذ الحياة في اوروبا، انه ابن العصر الذي ضلّ ، في « العلاقات الخطرة » الا انه بذل ايضاً التقدم في ارض اوروبا .

وادى السعي وراء الرفاه الى اكتشافات علمية ، او على الاقل، خلق مناخاً ساعد على هذه الاكتشافات . كما ساعد بصورة اولى في البحث عن الجماليات الجديدة. واكتشف هذا القرن المعادلات الرياضية المتعلقة بظاهرات ذبذبة الاوتار والانابيب الصوتية . وهو ايضاً القرن الذي اوصل فيه موزارت Mozart الموسيقى لكي تعي تنوع الجرس. فلم تبلغ الدراسات النظرية للسلّم وللقواعد الموسيقية في وقت من الاوقات مثل هذا التعادل. وخاصة انه حصل لدى مفكرين لا صلة بينهم ولا يقرأ احدهم الآخر. حبّ الرفاه، والابهة، والفنون، كلها كانت محركات ودوافع للفكر على الابداع .

العلم والمجتمع ـ وبالمقابل، كان الابتكار قوياً الى درجة لم يكن الا ليؤثر بدوره في المجتمع الذي يقوم به. ان معرفة افضل بالسماء شجعت البحارة ، وبذات الوقت حملتهم على الاتيان باعمال شجاعة جديدة : ملاحظات يجب تحقيقها في البحار البعيدة، حسابات خطوط الطول. لقد كان علم الفلك على رأس التجارة البحرية وفي خدمة احتلال « الارض » من قبل الاوروبي الذي ابتدعه. وبصورة اكثر تواضعاً، كم من التفصيلات الساذجة في الرياضيات او في الفيزياء ، كانت في اساس الالعاب والتحف الشائعة التي كان البعض يجمعونها في مكاتب ثمينة ارواء للفضول، ويجعلونها شبه مختبرات، تمارس، في كل الاحوال، على الذوق تأثيراً قوياً كالتأثير الذي سبق ولاحظناه والذي احدثته التواريخ الطبيعية على التزيين : ان العلوم هي في اساس الموضة . وبالطبع، اذا كانت العلوم، في القرن السابع عشر، نظرية اكثر مما هي عملية، اما في القرن الثامن عشر، فالعلوم تتضمن العديد من التطبيقات العملية . لقد سبق وأشرنا الى التطوّرات في صناعة الآلات الموسيقية (وقد بذلت جهود خاصة من أجل تحسين الكلافسان [معزف قيثاري] ومن أجل وضع البيانو القوي) . وفي العديد من مجالات الحرفيات أمكن الأخذ عن العلوم الجديدة : الصباغة ، التبييض ، الخيوط والنسج . . . الهيدروليك ، والآلات الحرارية . . . لا شك أن العلوم كانت في طليعة التقدم الصناعي .

وفيما خص هذا المظهر الأخير الذي هو مألوف لدينا اليوم، من المهم أن نشير الى أن تأثير العلوم في « صناعة » القرن 18 ، لم يكن، في اغلب الاحيان، من فعل اعتماد اسلوب مختبري ناجز ومباشر، في عملية الصنع (لا شك ان ذلك كان يمكن ان يحدث : صناعة ماء الكلور في معمل جافيل)، ولكن، بشكل اعم، ان الامر يتعلق بتأثير عام جعل من بعض الحرفيين النخبة، مجربين عارفين. بين هذا الشكل العالي من الحرفية وبين رجل العلم (الم يسمّ في فرنسا ايضاً بالفيلسوف ؟)، لم يكن هناك

من فرق في الطبيعة. لا شك ان علم الفلك والرياضيات كان لهما من الماضي ذخيرة غنية جداً يستطيع ذوو الكفاءة ان يغرفوا منها. ولكن في الفيزياء والكيمياء وحتى في الطب كان اهاوي المتنور او الحرفي البارع اكثر فعالية من المتحذلق، الكثير الاستشهاد بالاعلام، والكثير المطالعة للهذيان الذي مضى عليه الزمن.

ولكن العلاقات بين العلم والمجتمع، بشكل خاص، تغيرت بصورة جذرية، ورسم التغيير الاجتماعي، مسبقاً، ما سيكون عليه حال المجتمع العلمي، كلما تجلى في النظرية الاقتصادية. ان الليبرالية الاقتصادية، التي ابرزها آدم سميث Adam Smith، هي اكثر من مجمل من الافكار حول القانون الطبيعي الذي يتحكم بالظرف البشري، انها مظهر معاش لفرضية سامية تتناول كيفية تصرف الطبيعة باكملها. انها تجعل من الفرد كياناً متماسكاً واساسياً، كياناً مصيره الاستقرار ان هو لم يجذبه جاذب الكسب والاستفادة الى نشاطات تترجم نتيجتها الاجمالية بعبارات الاحتمالات وبقوانين الاحصاء. ان رؤية نوع من التصور الذري للكون موجودة بشكل غامض في فكر اولئك الذين يلاحظون طريقة سلوك الناس في اوروبا.

فخلال الاف السنين انتجت البشرية العلم على انه ترف قلّما يغير ظروف حياة الغالبية من الناس. في القرن التاسع عشر، اخذ العلم يصيب كل الناس. في القرن 18، اعد التحول الاجتماعي هذا الانتقال الاساسي، وذلك عندما كشف اي التحول عن صورةٍ له شبيهة بالصورة التي سوف يكونها الناس عن الطبيعة كلها.

اننا ما نزال لا نعرف تماماً كيف ان تطور العمل الدماغي قد توصل ثم تجاوز هذه المرحلة التي توافقت فيها التجربة مع التحليل العقلي لكي يعطيا للعمل الفكري كامل فعاليته العملياتية. ولكنه من المقرر الثابت، انه توجد لحظة في المراهقة الفردية يستطيع فيها العقل ان يحقق الكثير من النتائج السريعة التي كانت تعتمل، في الطفولة، بشكل تلمس غريزي، وكذلك اصبحت البشرية الاروبية راشدة في القرن 18، وهذا هو السر الحقيقي لثورتها العلمية.

ولكن ماذا يعني سن الرشد بالنسبة الى المجموعة؟ ان ذلك لا يعني انها تتمكن من انتاج مفكرين مبدعين: فهم دائماً كذلك. بل انه يعني انها انتجت وتنتج ـ ما دامت قد اغتنت بهم وطالما ان نظامها الخاص اصبح قريباً من نظام التفكير ـ عدداً كبيراً من العلماء يكفي لتكوين الكتلة اللازمة التي تجعل التطور الفكري الجماعي يتحول من عصر الى عصر، من عصر ما قبل العلم الى العصر العلمي.

وعلى هذا يعبر فضول العصر واتجاهه نحو ما يغيره عن نقلة في التطور الفكري الجماعي.

التربية العلمية ـ وهنا يبرز موضوع جديد هو موضوع التصاعد الاجتماعي. كان ستندال Stendhal بامكانه ايضاً الظن بان الاحمر والاسود، اي السلاح والكهنوت كانا الوسيلة الاضمن لشق الطريق في المجتمع، على الاقل بالنسبة الى الذين لم يولدوا في المراكز والبيئات العالية؟

وعلى كل حال بعد اقل من قرن، اصبح بالامكان شق الطريق بواسطة المؤسسة الحرة، ثم عن طريق المدرسة، وعن طريق التفوق في الامتحان والنجاح العلمي، بشكل نبيل لا يحتاج الى مال. ولكن ما كان قد اصبح في المكتسبات، حوالي سنة 1880، كان قد اخذ يرتسم في القرن الثامن عشر تقريباً.

واصبح (ارويه) Arouet، فولتير Voltaire بفضل قلمه: وهذا لم يكن بالامر الجديد. وجان لورون Jean le Rond، اصبح دالمبير بفضل عبقريته (وبفضل نفوذ سري)، وهذا امر اكثر غرابة. ولكن الشيء الذي ميز هذا القرن هو صعود سلالات من العلماء امثال آل برنولي Bernoulli.

ولكن كيف يصبح المرء عالماً في هذا القرن قرن الانوار؟ لم تكن الدروس مجانية الا نادراً، والمدارس كانت قليلة، والجامعات لم تكن كما نعهدها اليوم، والثقافة الفضلى، والتي نسميها اليوم عالية كانت تحصل بالمطالعة، او بفضل الاعتماد على معلم. كما حصل للابلاس Laplace حين احتضنه دالمبير d'Alembert. ان هذا التبني هو اسلوب عائلي تقريباً، في ثقافة ظلت فردانية شخصية، غالباً ما ترتبط بالمصادفة، كما انها كانت موزعة بشكل غير عادل. فحظ الفلاح منها كان معدوماً. اما حظ القروي فضئيل. واما حظ صاحب الدكان فمحتمل، وان كان ممكناً بحيث يستطيع هذا الاخير ان ينافس احياناً، في مجال الثقافة ابن الغني او ابن النبيل، صاحب المعلم الخصوصي، الذي يستطيع التردد على الصالونات الادبية والاستماع في الولائم او القيام بها.

ولكن اخيراً كان العلم مشرفاً، واحياناً كان لقاء اجر. منذ قرن مضى كان العلم يتداول بالرسائل بين الاصدقاء الذين يعيش كل منهم من ماله الخاص او بمعونة من قبل كنيسة. اما في القرن الثامن عشر فقد اخذ العلم يصبح موضوع مهنة: واصبح العالم قادراً ان يعيش من فكره ومن قلمه. والقيمون على الجنائن لم يكن يطلب منهم برعاية جمال النباتات فقط بل دراستها، واصبح **الغراس** قادرين على الاكتشاف. واصبحت مدام بومبادور Pompadour تهتم بالصناع المهرة كما تهتم بالعلماء والفنانين او الكتاب. والصناع المحظوظون هم اولئك الطليعيون الاصلاء، في اجيال عديدة عملت للعلم التجريبي. في القرن الماضي كان المصورون يدفعون للرسامين المهرة او للرياضيين كي يرسموا لهم على لوحاتهم صوراً هندسية يمكن أن تكون هياكل لأشكال أو ألوان. في القرن الثامن عشر، انتقل هذا الذوق الى التلوين، ولكن الرياضيات انتشرت في الصناعة وحتى في التجارة. وتم اختراع الموازين. وانصب التفكير على مسننات الالات، واخذوا يفكرون في المخاطر وتأمينها، لان الاهتمام انصب على التطورات الديموغرافية السكانية.

تحديث العصر - اذا كان المجتمع الحديث يبدو لنا اكثر ميلاً الى التقنية والى الحساب، واذا كانت الخطة المرقمة تبدو ضرورة، على صعيد الدولة، وعلى صعيد المشروع حتى **الصغير** اذا اراد ان ينجح، فان نشأة هذا المجتمع الحسابي، الا يمكن ان تعزى الى فوبان Vauban [1633 – 1707]؟.

ففي «العشر الملكي»، اراد به تطوير الدولة في مجملها، واحصاء عدد الرعية، وتوزيعها الى

طبقات ثم تتبع تطور الثروات. وهكذا بدأ القرن الثامن عشر برجل وبعمل يدل على انطلاقه من اجراء التوجهات في ادارة الاقتصاد وفي ادارة المجتمع كما يقدمه لنا العالم المعاصر.

لا شك ان « العشر الملكي »، الذي قال به فوبان Vauban ظل غير مفهوم في عصره، وغير مفهوم حتى بعد قرنين، لان الليبراليين لم يروا فيه الا رغبة في المساواة الاجتماعية (لا ارادة في الحساب والتوقعات). رغبة كانت تهز عاطفتهم من اجل انتصار البرجوازية، وهذا امر قلما كان بفكر صاحب المشروع او قلما كان من مقترحات الكتاب. ان فوبان Vauban هو اقرب لان يكون جد الحسابيين المعاصرين الذين يحسبون الدخل القومي. ومجتمع القرن الثامن عشر لم يكن مهيأً لجهد بمثل هذه الفرادة، الا ان رجلاً عبقرياً استطاع ان يكتشف ان التطور الاجتماعي يتجه ناحية بنية قائمة على الحساب والعدد.

ولم تعد الصالونات وحدها وكذلك الفنون الجميلة، والرفاه والابهة والفضول، والذوق، في القرن الثامن عشر هي دعامات التقدم العلمي. ان التقدم الاجتماعي باكمله هو الذي يتحرك باتجاه العلم. فهل كان في القرون الماضية مثل هذه العلاقة الوثيقة بين العلم والمجتمع؟ ان ذلك قليل الاحتمال. ان المكتسبات العلمية البطيئة والمخاطرة كانت تتراكم ببطء وبغير انتظام، وكانت احياناً تتلف تحت ضربات الحظ. وتتالت المجتمعات، وفي اغلب الاحيان كانت تهزها المصائب والكوارث التي تبتلع الحضارات بحركتها المستمرة. وانطلاقاً من القرن الثامن عشر أصبح العلم مرتبطاً بسعادة الشعوب، وأصبح مصير الحضارات يتقرر في المختبرات.

عصر اوروبا - قلما تكلمنا الا عن اوروبا. فهل يجب الكلام عن القارات الاخرى؟ ان البعثات التي ذهبت لتقيس خطوط الهاجرة ومراقبة ورصد النجوم في اميركا، وقيام اليسوعيين بادارة « المحكمة » محكمة الرياضيات في الصين، هذان الحدثان هما عمل اوروبي لا اميركي ولا صيني، ولكن هذا بالضبط هو المهم: ان القرن الثامن عشر هو قرن اوروبا. وهو اوروبي اكثر من اي قرن آخر.

من المستحيل انكار الدور الضخم الذي لعبته القارة الاسيوية في تطوير اوروبا ونموها قبل المسيح وفي الحقبة التي اصطلح على تسميتها بالقرن الوسطي. فقوافل آسيا الجنوبية، والسفن العربية في المحيط الهندي كانت تجلب، على مستويات الشرق الروائع التي اغتنت منها البندقية، وانبهرت بها اوروبا. كما اهتمت ايطاليا بذات الوقت، ثم بلدان الشمال الاوروبي بدراسة الكثير من هذه الاشياء المدهشة، والمستندات التي تغير المفاهيم. لقد استطاعت اوروبا، بحسن معرفتها الافادة، من العبقريات التي انجبتها اقدم الحضارات في العالم، ان تستولي على اميركا التي اغنتها بدورها، واكملت ثقافتها من القرن الخامس عشر الى القرن السابع عشر.

ولكن القرن الثامن عشر يعتبر بحق البداية الباهرة لسيادة اوروبا في مملكة الفكر. وبعد قرن من الزمن فجرت الولايات المتحدة واسيا الروسية هذا الامتياز الملكي لاوروبا. في القرن الثامن عشر، مهما

كان اعجاب الانسان الاوروبي المثقف بالصيني المتحضر او بالهندي الاحمر المتوحش الطيب، فانه اي هذا الاوروبي كان يعرف ان ثقافته، وان تغذت بكل الثقافات الاخرى، هي السيدة عليها جميعاً . واذا كان من الممكن الكلام عن مشاركة في الثقافة أو في الأذواق والألوان ، فإن تفوق أوروبا في العلم لا جدال فيه ولا نقاش .

ذلك هو اذاً معنى القرن الثامن عشر، حيث نجد، بعد هذا التقديم القصير، الصورة التي ابتدأنا بها : ان اوروبا بعد ان استولت على العالم، اوجدت رهافة في الحضارة، تحمل في ذاتها خميرة التقدم. ان هذا التقدم ليس تقدم الفكر فقط، بل تقدم متطلبات الرفاه والابهة وكذلك تقدم العقل.

كل هذه الاحتياجات والرغبات والاماني والبحوث اجتمعت في قلب العلم. والعلم بدوره غذى الرفاه والابهة والعقل ايضاً . وفي هذه الحركة التبادلية الدائمة بين جسد الانسان وفكره يكمن المحرك من اجل تقدم جديد اجتماعي اداته الاساسية الاولى هي التربية والتثقيف. هذا التقدم في الآداب وفي العلوم وفي المجتمع وفي التربية، والذي اخذته اوروبا عن العالم، اخذت تقدمه للعالم .



الكتاب الأول :

العلوم النظرية



الفصل الأول :
ازدهار التحليل وتجديد الهندسة

انه حقبة تنسيق وإنجاز وتنمية وتطبيق ، ذلك هو القرن 18 . وبدأ بالانتاج المسرف ، الناتج عن المزاحمة الشديدة التي قامت بين المدرسة البريطانية النيوتنية ، وبين تلامذة ليبنيز من سكان القارة الأوروبية . وبلغ القرن ذروته مع إنتاج أولر Euler ودالمبير d'Alembert . وأوائل أعمال لاغرانج ، وانتهى مع الثورة الفرنسية ونشر الكتب الكبرى لمدرسة باريس : لاغرانج Lagrange لابلاس Laplace ، مونج Monge ، ليجاندر Legendre ولاكروا Lacroix .

المدرسة البريطانية والمدارس القارية . ساد نيوتن Newton وتلامذته في بريطانيا في مطلع القرن : وازدهرت المراكز التعليمية والبحوث في كمبريدج ، وأكسفورد ، ولندن ، وغلاسكو ، وادنبره ، بقيادة نيوتن نفسه ثم رن Wren ثم هالي Halley ، وكذلك أيضاً بفضل الجيل اللاحق الممتاز ، جيل دافيد غريغوري ، وابراهام موافر ، وروجر كوت ، ونقولا سوندرسن ، وبروك تايلور ، وروبير سمسون ، وجايمس سترلن . ولكن خضوع هذا القرن والتقيد بالتراث النيوتني ، سوف يحمل المدرسة البريطانية إلى الزوال ، ذلك ان هذه المدرسة فقدت كل حيوية في النصف الثاني من القرن .

وفي القارة الأوروبية ، حصل عكس ذلك ، فقد خلَّف عصر الأنوار العديد من الأعمال القيمة التي تتالت بوتيرة سريعة ، هذه الأعمال التي طورت المكتسبات الكبرى التي حصلت في القرن السابق ، كما وسعت بشكل ضخم مجال عمل الرياضيات وفعاليتها . وفي القسم الأخير من القرن السابع عشر ، وفي مطلع القرن الثامن عشر حمل المشعل ليبنيز Leibniz وتلامذته الأولون والأخوان جان وجاك برنولي Jean et Jacques Bernoulli من مدينة « بال » والفرنسي غليوم دي لوبيتال Guillaume de L'Hôpital .

وتجمعت المدرسة الفرنسية حول الاكاديمية الملكية للعلوم ، ولم تعرف في بادىء الامر شهرة واسعة . ولكنها أخذت تبرز بحق مع جيل موبرتوي Maupertuis ، وكليرو Clairaut ، ودالمبير ، الذي كرس انتصارات الفيزياء النيوتونية والحساب الليبنيزي Leibnizien بشكل متوازن . وبتأثير دالمبير والانسيكلوبيديا ، اتجهت المدرسة الفرنسية أكثر فأكثر وضوحاً نحو حزب الفلاسفة . والمقام الضخم

الذي اكتسبه في آخر القرن قام على التوافق الاستثنائي بين شخصيات بارزة جداً مثل لا غرانج ، ولابلاس، وليجاندر، ومونج، وبين استعمال اللغة الفرنسية بشكل شائع جداً من قبل كل الرياضيين في القارة ، ثم انتشار عقائد الايمان بالتقدم الاجتماعي والإصلاح السياسي انتشاراً واسعاً جداً . وقد عوض النقص البارز في التعليم العلمي في الجامعات الفرنسية ، تعويضاً جزئياً، في النصف الثاني من القرن ، بإنشاء المدارس العسكرية والتقنية ذات المستوى العالي .

كما ان الحياة العلمية الفرنسية قد بعثت فيها الحياة بفضل المنافسة الخلاقة . التي اقامتها الأكاديميات الريفية العديدة ، وبشكل خاص الأكاديمية الملكية للعلوم في باريس ، والتي كانت مسابقاتها السنوية ، تتنازعها اعاظم العلماء من أوروبا كلها ، وهو أمر بدا في تلك الحقبة من الحكم الاستبدادي المستنير كمثل وكنموذج سعى الملوك على اختلافهم إلى تقليده .

وبهذا الشأن ، وعلى موازاة البعثات الجغرافية والفلكية ، التي موّلها الملوك ، قام العديد من هؤلاء يشجعون تأسيس الأكاديميات الوطنية ومراكز البحوث والتعليم ، المزودة بالمجلات العلمية الأنيقة التي مكنت العلماء من العمل ضمن ظروف مادية ملائمة نسبياً . وكان هذا شأن بروسيا مثلاً حيث جهد الملك فريدريك الثاني ، منذ تبوئه العرش 1740 ، ان يبعث الحياة في أكاديمية برلين التي أسست على يد ليبنيز سنة 1700 ، ولكنها حتى ذلك التاريخ لم تكن تزاول إلا نشاطاً ضئيلاً . ونجح في استجلاب موبرتوي وأولر (من 1741 إلى 1766) ، ولا غرانج (من 1766 إلى 1787) . ولامبير Lambert (من 1765 إلى 1777)، الخ ، وبفضل هذه السياسة القائمة على استيراد العبقريات عرفت أكاديمية برلين حقبة من الازدهار توقفت بموت فريدريك الثاني سنة 1786 . إلا أن إنشاء جامعة حديثة في غوتنجن سنة 1737 أعطى المانيا الشروط لتجديد أصيل برز ببهاء في أواخر القرن بفضل أعمال غوس Gauss الأولى .

وفي روسيا أنشأ بطرس الأكبر أكاديمية سان بطرس برج (1724) واستجلب لها العديد من علماء بال ، ودانيل ونقولا برنولي ، وج . هيرمن، وانضم إليها أولر سنة (1727) . وبقي الرياضي الكبير في سان بطرس برج حتى سنة (1741) ثم عاد إليها أيام كاترين الثانية وبقي فيها من 1766 حتى وفاته 1783 ، مساهماً في خلق مركز فكري لامع وجديد .

وعرفت البلدان الأخرى من أوروبا نشاطاً علمياً أقل .

ورغم المقام الجدير الذي نالته جامعات البلدان المنخفضة ، لم يهتم هذا البلد إلا بالعلوم التجريبية متخلياً عن البحث النظري ، أما سويسرا فعرفت مركزين شهيرين : جنيف وبال ، وخاصة بال التي كانت مربية العلماء الذين ، من أمثال برنولي وهيرمن وأولر الخ ، أمنوا أنجلة الرياضيات في قسم من أوروبا . واحتفظت إيطاليا بتعليم ذي قيمة ولكن رغم النبوغ ، قصَّر علماؤها من أمثال ميشال مانفريد Michell Manfredi ، وآل ريكاتي Les Riccati ، وغيودو غراندي Guido Grandi ، ومالفاتي Malfatti ، وحتى فاكنانو Fagnano وروفيني et Ruffini ،

كل هؤلاء قصروا عن إدراك مستوى سابقيهم من القرن العظيم . نشير إلى ان أيطاليا عرفت أول أستاذة جامعية في الرياضيات ، هي ماريا غاتانا أغنيزي Maria Gaetana (1718 — 1799) وألفت هذه كتاباً مشهوراً في الحساب اللامتناهي الصغر ترجم إلى الفرنسية وإلى الانكليزية ، وتبعت اسبانيا والبرتغال والدول الأسكاندينافية ودول أوروبا الوسطى ، مسار التقدم . إلا أنها لم تساهم بشكل فعال .

الموقف الاجتماعي ونشاطات العالم الرياضي : في حين عرف القرن السابع عشر نجاح العديد من الرياضيين الهواة ، اقتصر ما قدمه القرن الثامن عشر على اعمال العلماء المتخصصين ، كأساتذة الجامعات البريطانية والايطالية والسويسرية ، وأعضاء الأكاديمية الملكية للعلوم في باريس ، والرياضيين الجوالين الذين جذبتهم برلين وسان بطرس برغ بفعل سياسة الأبهة التي اتبعها الملوك المتنورون .

ولم يقتصر الرياضيون في القرن الثامن عشر ، متجاوزين بذلك القرن الماضي ، على البحث النظري فقط . كان أولر يهتم أيضاً بالموسيقى مثل اهتمامه بالبصريات وبنظرية السفينة . ودالمبير كان فيلسوفاً وأديباً واعتنى بالموسيقى وبالميكانيك التطبيقي وبعلم الفلك وشارك مشاركة مهمة في صياغة الانسيكلوبيدية . أما لابلاس الذي كان يقوم بآن واحد ببحوث في الرياضيات الخالصة ، وبالميكانيك السماوي ، وبحساب الاحتمالات ،فمع ذلك حرر مع لافوازيه Lavoisier ، مذكرة اساسية حول نظرية الحرارة . إن عصر الأنوار هو بذات الوقت عصر الانسيكلوبيديا . وإذا كان بوفون Buffon ، وريومور Réaumur ، قد بدأ حياتها بأعمال في الرياضيات ، فإن الرياضيين أمثال مونج وليجاندر ومسنيه ولابلاس ، قد وقعوا في سنة 1785 المحضر العائد إلى تجربة لافوازيه بشأن تركيب الماء . إنها مسألة ذوق ، ربما ، ولكنها أيضاً ، مقتضيات العمل الأكاديمي الذي يوجب العمل المشترك ، وتوجه عملي من توجهات المسابقات التي كانت تحدث كثيراً وكانت مرغوبة جداً ، وكانت تنظمها الأكاديميات الرئيسية .

هذا الاستعراض الشامل والموجز ينير قليلاً العرض الذي يتناول المساهمات الرئيسية خلال القرن الثامن عشر ، في مجال الرياضيات . وهذه الدراسة ، التقنية بحكم الضرورة ، سوف تقتصر مع ذلك على المراحل الأساسية وعلى المساهمات الأكثر أهمية ، وسوف تجبرنا الصعوبة المتزايدة في المواضيع المدروسة على اختصار الشروحات الدقيقة جداً ، وعلى الانتقاء القاسي . إن التصنيف بحسب المواد ، والضروري لفهم تقدم كل فرع ، يجب ان لا ينسينا على كل حال ، بأن أكثر الرياضيين في القرن الثامن عشر كانوا يستطيعون الاهتمام بمجمل حقولهم .

I ـ تطور التحليل اللامتناهي الصغر

1 . التلامذة المباشرون عند ليبنيز ونيوتن Leibniz- Newton

بدايات الحساب الجديد فوق القارة الأوروبية ـ ان أول مذكرة خصصها ليبنيز للحساب الجديد

نشرت سنة 1684 في . «اكتا ايريدو تورم» في ليبزيغ . وقد مرت غير ملحوظة إلا من قبل الالماني ي . و. فون تشيرنهوس، E.W. Von tschirnhaus، الذي صحح فيها بعض الاغلاط، ومن قبل بريطانيين ج . وليس J.Wallis وج. كريغ J.Craig وعين جاك برنولي Jacques Bernoulli أستاذاً في جامعة بال سنة 1687، فتخصص في حسابات ليبنيز وأصبح داعية ناشطة لها . وفي سنة 1690، علم أخاه جان علمها . وتولى هذا بدوره، أثناء إقامته في باريس في سنة 1690 – 1691 التعريف بالمناهج الليبنيزية في محيط مالبرنش Malebranche، ثم تولى فيها بعد اعطاء الدروس للماركيز دي لوبيتال وحرر باسمه كتاباً في الحساب التفاضلي والتكاملي استعمل القسم الاول منه كأساس « لتحليل المتناهيات الصغر » الذي وضعه ج . دي لوبيتال .

وسرعان ما فهم التلامذة الأولون لليبنيز كتابه : « اكتا ايريدوتورم » حيث نشر ليبنيز القسم الأكبر من مذكراته . وحاول هؤلاء التلامذة ، وقد تحمسوا وأخذوا بقوة الحساب الجديد ، ان يطوروا مبادئه وأساليبه ، وان يحلوا العديد من المسائل التطبيقية التي تعرض عليهم . ولكن جو المنافسة الشريفة الذي كان سائداً في البداية ، تحول بصورة تدريجية نحو مناخ من المزاحمة المرة ، فحاول كلٌ منهم أن يحل كل المسائل المعروضة وان ينشر مسائل جديدة من شأنها أن تعجز العلماء الآخرين .

إلا أن العديد من النتائج قد حصل ، وهذه المسائل ، وإن لم تكن منظمة ، ساعدت في توسيع النقاش وفي تسريع سير التقدم . وسرعان ما فتحت « جريدة العلماء » في باريس ، منبرها لتلامذة ليبنيز . في حين ، في انكلترا اتاحت « المبادلات الفلسفية » لتلامذة نيوتن ، وقد أثارت حميتهم نجاحات الجيومتريين في القارة الأوروبية ، السبيل إلى التدخل في المناقشات .

وحل جاك برنولي ، الذي عالج ، منذ 1689 ، مسائل مهمة حول السلسلات ، حل في السنة التالية مسألة الخط المتساوي الديمومة Isochrone الذي وضعه ليبنيز سنة 1686 . وبذات الوقت اقترح البحث في التسلسلية ، وهي مسألة حلها هويجن وليبنيز وجان برنولي ، قبل ان يوسعها هو نفسه لتشمل حالة المنحني غير المتناسق ، ثم شكل الشراع القابل للانطواء والمنفوخ من قبل الهواء . وفي سنة 1619 بينما كان ليبنيز ينشر دراسة تربيع المخروطات ،حدد جاك برنولي ممارسات الخطوط الحلزونية البيضاوية واللوغاريثمية ، وكذلك .المماسات ذات السير المنحرف ، وحقق تربيع وتصويب هذه المنحنيات . وفي هذه السنة بالذات حدد جان برنولي المماسات والمنحنيات، وأشعة منحنيات العديد من السطوح المعوجة ، وقدم أحد أول الأمثلة في استعمال الاحداثيات (Coordonées) القطبية (التي سبق لنيوتن ان ادخلها في المبادىء ، وفيها بعد عالج أخوه مختلف الخطوط المنحنية : السطوح الضوئية البؤرية (كوستيك) ، الخطوط المنحنية بفعل الدوران ، المنحني المطاطي ، تحت الدويرية (هيبوسيكلوييد) ، الخ . اما ليبنيز فحدد غلاف اسرة من المنحنيات ذات الوسيط (او المسافة بين مركز الخط المنحني وخط تحركه) وقدم ، تحت شكل جديد ، نظرية المتطورات والمطورات. وهناك العديد من المسائل في الجيومتريا اللامتناهية الصغر ، وفي الميكانيك ، وفي الحساب التكاملي ، قد عولجت بالتالي بمناسبة التحديات ، المتكاثرة التي تتالت في الصحافة الدولية . ونشير بشكل خاص إلى

الموضوع المشهور ، في الجيومتريا اللامتناهية المقترح ، في سنة 1692 ، من قبل فيفياني Viviani ، وكذلك مسألة منحنى النزول الأسرع (براشي ستوكرون) . وعالج ليبنيز هذه المسألة الأخيرة كمسألة قصووية راداً إياها إلى التبيين الذي أقامه فرمات Fermat ، بالنسبة إلى قانون الانكسار الضوئي . وهناك مسألة أخرى مسألة المحيط المتجازىء : وقد كرست هذه المسألة علناً الخلاف بين الأخوين برنولي . ولكنها أتاحت لجاك برنولي ان يضع أسس الطريقة الأولى لحساب التغيرات . والحل الذي أعطاه لهذه المسألة ، سنة 1701 ، حُسِنَ فيما بعد من قبل تايلور وجان برنولي وأولر . نشير أيضاً إلى حل مسألة المسارات المستقيمة أو العامودية الزوايا ، وتحديد الخطوط الأقصر بين نقطتين ضمن بعض السطوح .

المصاعب الأولى : أتاح قيام المركيز دي لوبيتال ، سنة 1696 ، بنشر كتابه « تحليل المتناهيات الصغر » نشر المبادىء والطرق العملية بالحساب الجديد . إلا أنه ، في حين ان كل المصاعب المنطقية التي أثارها تدخل العمليات اللامتناهية ، لم تجد حلولاً ، عملت الرغبة بالاستمرار في الطريق المجدي ، طريق التطبيقات العملية ، على إبعاد انتباه الجيومتريين عن هذه المسائل الأساسية .

لا شك انه قد قامت عدة محاولات توضيحية ، وعلى عدة دفعات ، ولكنها لم تستطع تخفيف الأذى الناتج عن المهاجمات التي قام بها المناطقة ضد مبادىء الحساب الجديد . إلا ان نقص الجدارة البادي لدى معارضيه الجيومتريين في القرن الثامن عشر ، فيما خص مسائل التقنية الرياضية بالذات ، والثقة العظيمة لدى هؤلاء الجيومتريين المشغولين قبل كل شيء بالفعالية والتنفيذ ، كل ذلك يفسر احتقارهم لمسائل التعنت المنطقي الذي سوف يضايق في القرن التاسع عشر كلاً من كوشي Cauchy ، وبولزانو Bolzano ، وابيل Abel .

ومنذ 1694 و 1695 حكم الهولندي ب. نيوونتيت B . Nieuwentijt بالغموض وبالخطورة على طرق بارو Barrow ، ونيوتن Newton ، وليبنيز Leibniz . وكان جواب هذا الأخير ، جواب ضيق في الواقع ، ويدل على نوع من التردد بشأن طبيعة التفاضليات . واستعيد النقاش سنة 1700 ، وذلك عندما هوجم كتاب دي لوبيتال ، المدافع عنه من قبل نارينون وسورين Narignon et Saurin ، هجوماً عنيفاً من قبل الديكارتيين في اكاديمية علوم باريس . وكرس تراجع اعظم المعارضين ، وهو الجبري ميشال رول Michel Rolle ، النصر النهائي للحساب الجديد في فرنسا ، نصراً ساعد على تمتينه ، نشر كتاب « طريقة قياس السطوح » لمؤلفه كاري (باريس 1700) وكتاب « التحليل المبين » لمؤلفه رينو (مجلدان ، باريس ، 1708) .

النزاع حول الأفضلية : ولكن في ذلك الحين كان على التحليل الجديد ان يخوض معركة قاسية هي النزاع حول الأسبقية والذي قام بين أنصار ليبنيز ، وانصار نيوتن وشكل حدثاً مؤلماً كانت له عواقب مؤسفة بشكل خاص .

فبعد 1685 ، وبعد نشر المذكرة الأولى لليبنيز بقليل ، اعلن ج. وليس وج . كريغ ان هذه الرسالة مستوحاة مباشرة من أعمال بارو ومن أعمال نيوتن . وعاد الجيومتري السويسري ن . فاتيو دي

دوليي N . Fatio de duiller الاتهام في مجالسه الخاصة أولاً ثم علناً في سنة 1699 . ورد ليبنيز دون أن يشير إلى نيوتن بصورة مباشرة . وعلى كل قام هذا الأخير في سنة 1704 ونشر (كملحق لكتابه أوبتيكا) ، رسالة عنوانها : « تراكتاتوس كوادرا تورا كورفاروم » وكانت هذه الرسالة قد كتبت سنة 1693 ، بقصد تجميع الأقسام الرياضية من كتاب « المبادىء » بشكل منهجي . وخفت حدة الخلاف بعض الوقت ، ثم اندلعت من جديد في سنة 1708 ، عندما اتهم احد تلامذة نيوتن ، جون كيل John Keil ليبنيز، علناً بالسرقة . وبعد الاحتجاج ، لم يتراجع كيل بل زاد في اتهاماته . وعندها طلب ليبنيز تحكيم نيوتن ، والجمعية الملكية ، فكلفت هذه الأخيرة لجنة لجمع المستندات المتعلقة بهذه القضية وتنظيم تقرير مفصل .

ونشر هذا التقرير « كومرسيوم ايبستوليكوم » سنة 1712 ، وأعيد نشره عدة مرات . ويفهم منه أن ليبنيز لم يضع « حسابه » إلا بعد ان اطلع على تفاصيل واضحة حول حساب التفاضل النيوتني . وانزعج ليبنيز من التقرير خصوصاً وإنه لم يؤخذ رأيه ولا شهادته في الموضوع ، وساعد الجدل غير المباشر ، المرير الثقيل ، الذي نتج عن الأمر بين مؤلفي الحساب اللامتناهي ، ساعد على توسيع الهوة التي عزلت طيلة قرن تقريباً الرياضيين الانكليز من علماء القارة . واستمر الخلاف بفعل نشر الكتاب المنحاز « تاريخ التفاضل » لرافسون Raphson (لندن 1715) حتى إلى ما بعد موت ليبنيز (1716) . وظل الأمر كذلك حتى القرن التاسع عشر ، عندما بينت مستندات جديدة اكتشفت ان المستندات « الدامغة » التي نشرها التقرير كومرسيوم ابيستو لاكوم ، لم تكن في حوزة ليبنيز ، وبالتالي فإن اتهامه بالسرقة لم يكن صحيحاً .

جهود المحللين الانكليز: وكان انتشار طريقة التفاضل أو التدفقات أبطأ من انتشار تحليل ليبنيز . واحد أسباب هذا التأخر هو النشر المتأخر جداً «لمحاولات» نيوتن، وهي محاولات، فضلاً عن مبادىء طريقة التفاضل ونظرية السلاسل ، عالجت حل المعادلات التفاضلية ، ومسائل الجيومترية اللامتناهية ، ومسائل الميكانيك والجبر . فضلاً عن ذلك دلت الكتب حول حساب التفاضلات المنشورة من قبل ش . هَيس Ch . Hayes (1704) وهـ . ديتون . H (1706) Ditton ، وج . هودسون J . Hodgson (1736) ، وت . سيمبسون Th . Simpson (1737) ، وس . ماكلورين C . Maclaurin (1742) ، وج . روو J . Rowe (1751) ، ون . سوندرسون N.Saunderson (1751)، دلت هذه الكتب على الاهتمام المتحيز الذي وجهه العلماء البريطانيون نحو طرق نيوتن ورمزيته .

في هذه الأثناء ، خلف نيوتن بعض التلامذة العظام . ومن أعظمهم روجر كوت Roger cotes ، (1682 — 1716) الذي تولى الطبعة الثانية من كتاب المبادىء (1713) ، ورسالته (هرمونيا منسوراروم)، نشرت بعد موته (1722) وتضمنت نتائج مهمة حول جذور الوحدة وحول تكامل الكسور الصماء وحول نظرية التفاضلات ، فضلاً عن عدة مسائل في الجيومتريا اللامتناهية .

ويدين بروك تايلور (1685 − 1731) Brook Taylor بشهرته الى المعادلة التي تحمل اسمه والتي تقدم شرحاً للدالة f(x) ذات القيمة (x + h) بالنسبة إلى المتغير المستقل القريب من قيمة x :

$$f(x+h) = f(x) + hf'(x) + (h^2/2)f''(x) + (h^3/3!)f'''(x) + \ldots$$

والتي ظهرت في كتابه الرئيسي : ميتودس انكريمونتوروم . . . (لندن 1715) ـ وحالة x = 0 الخاصة والمعروفة باسم مكلورين الذي اعاد اكتشافها سنة 1742 ، بعد أن كان تايلور Taylorقد أشار إليها ، ثم عبر عنها سترلن Stirling ، سنة 1717 . إلا أن تبني تايلور كان ناقصاً لأنه لم يحسب حساباً لتلاقي السلسلة . وأهمية هذا التطور لم تعرف إلا سنة 1772 بفضل لاغرانج . وبيانها الأول الصحيح أعطي سنة 1823 من قبل كوشي Cauchy . ادخل تايلور في كتابه ايضاً حساب الفروقات المنتهية ، وأطلق تحديد الحلول الفريدة للمعادلات التفاضلية ، وعمق دراسة التغيرات في المتغير المستقل ، (وهي تغيرات استعملها ايضاً نيوتن وبعض تلامذة ليبنيز) . وقد عالج أخيراً أحد أوائل الأمثلة في مسائل الفيزياء الرياضية ، وهي تحديد تردد الذبذبات وتحديد شكل الوتر المتذبذب بعد معرفة طوله ووزنه وشدّه . ويستحق ابراهام دي موافر Abraham de Moivre، وج. سترلن Stirling . J الذكر ايضاً بالنسبة إلى أعمالهما حول نظرية المتابعات والمتسلسلات .

إلا أن نظرية التفاضل أو التدفقات تطورت دون الالتفات الكافي إلى مبادىء الحساب الجديد . وكانت هناك ردة فعل ملائمة سنة 1734 ، عند نشر مقال انتقادي بعنوان « اناليست » . . . وفيه ينتقد الفيلسوف الشهير المثالي جورج بركلي George Berkeley ، وهو يعترف بجدوى التحليل الجديد ، الضعف المنطقي في أساليب التقديم المعتادة ، وبخاصة الاستعمال الكثير لعملية الاستقراء (الانطلاق من الجزئي إلى الكلي) . وكان لهذه الانتقادات صدىً كبير ، ونوقشت الردود الأولى ، وخاصة ردود جيمس جورين James Jurin، وردها بركلي Berkeley بسهولة ، ولكن ب. روبنس B.Robins وهـ. بنبرتون H.Pemberton حسنا فيها . وساعدت هذه المناقشات في توضيح بعض أسس الحساب التفاضلي ، وطريقة الحدود ، كما حفزت المؤلفين على الانتباه لمسائل المنطق . واعتبرت « رسالة التفاضل » التي نشرها سنة 1742 مكلورين Maclaurin ، معلماً يدل على مرحلة مهمة في هذا السبيل . إلا أن هذه الرسالة ، بتخليها عن الأساليب التحليلية لصالح الطرق الجيومترية والميكانيكية ، وجهت الرياضيات البريطانية في طريق قليل الخصوبة . وقد حاول جون لاندن John landen (رزيديال انا ليزس 1764) ان يركز « الحساب » على مبادىء يقبلها الجميع في الجبر وفي الجيومتريا « بدون اللجوء إلى أي مبدأ أجنبي مرتكز على حركة خيالية أو على اللامتناهيات غير المفهومة » .

ولكن للأسف لم تنجح هذه المحاولة المرتكزة على تصور غير دقيق لمفهوم الحد ، وأصبح من الواجب الانتظار حتى سنة 1820 لكي يعود التحليل الانكليزي إلى حيويته ، بفضل العودة إلى الكتب المستوحاة مباشرة من طرق ومن ملاحظات وضعتها القارة الأوروبية .

2 ـ توسيع التحليل وتطبيقاته

بعد البدايات الخصبة ، وغير المنظمة نوعاً ما ، للحساب الجديد ، عرفت القارة مرحلة نمو أكثر هدوءاً ، بخلالها انتشرت المكتسبات السابقة وتنظمت ، وبذات الوقت نشأت فروع جديدة للتحليل وتطبيقاته .

الصناع الجدد : لحظ موت ماكلورين في سنة 1746 ، وموت جان برنولي سنة 1748، زوال التلامذة الأخيرين والمباشرين لنيوتن وليبنز. في هذه الحقبة أصبح تقدم التحليل بين يدي جيل جديد ، جيل دانيال برنولي (1700 ـ 1782) وأولر (1707 ـ 1783) وكليرو (1713 ـ 1765) Clairaut ، ودالمبير (1717 ـ 1783) أكمله باستمرار جيل لاغرنج (1736 ـ 1813) ومونج (1746 ـ 1818) ولابلاس (1749 ـ 1827)وليجاندر Legendre (1752 ـ 1833) الذي وصل بين القرن 18 والقرن اللاحق . وكان هناك اسمان اسم أولر ولاغرانج ، يسيطران على هذه الكوكبة الرائعة . بعد أن درس أولر تحت رعاية جان برنولي ، ترك مدينة ولادته بال ، وعمره عشرون سنة واشتغل في سان بطرس برغ من 1721 إلى 1741 ، ثم في برلين في أكاديمية فريدريك الثاني واستدعته أخيراً كاترين الثانية سنة 1766 ، فأمضى السنوات الأخيرة من حياته في أكاديمية سان بطرس برغ . وكرس نفسه للعمل العلمي ، فجمع مجموعة ذات غنى استثنائي . وكانت مجموعته « اوبرااومنيا » اثناء الطبع ، وشكلت حوالى 69 مجلداً قطع الربع . وجمعت حوالى 900 عمل مخصص للرياضيات والبصريات والفلك والعلم البحري ونظرية التأمينات الخ . . وعدا عن كتابه : رسائل إلى أميرة المانية (طبعة أولى بالروسية سنة 1768) وهو كتاب تبسيطي ترجم إلى عشر لغات ولاقى انتشاراً ضخماً ، عرفت كتبه الرياضية الخالصة نجاحاً كبيراً ، ولعبت دوراً أولياً في التنسيق بين مختلف فروع التحليل ، وفي تكوين عدة أجيال من الرياضيين وكان أشهر هذه الكتب : « مدخل إلى التحليل اللامتناهي » ، مجلدان لوزان 1748 . وترجم هذا الكتاب إلى الفرنسية والالمانية وأصبح كتاباً كلاسيكياً بسرعة وقد خصص مجلده الأول لدراسة الدالات عموماً والدالات الاسية واللوغاريتم وعلم المثلثات بشكل خاص ، وللتطور التسلسلي ثم للحل المقارب للمعادلات وللعديد من المسائل المتعلقة بنظرية الأعداد . وعالج المجلد الثاني الدراسة التحليلية للسطوح المنحنية والمساحات .

هذا الكتاب العظيم بوضوحه ورغبته في التوليف بين المعارف المتنوعة تضمن العديد من النتائج الجديدة المهمة . وفي مجال الحساب اللامتناهي . نشر أولر كتباً مهمة : قواعد الحساب التفاضلي 1755 ، قواعد الحساب التكاملي (3 مجلدات 1768 ـ 1770) ضما كل النتائج المتراكمة في هذا المجال الواسع ، مضيفاً إليها العديد من المساهمات الشخصية ولم تستبدل هذه الكتب إلا في أواخر القرن بكتب لاغرانج وبكتاب الحساب التفاضلي والحساب التكاملي اللذين وضعهما س. ف . لاكروا (مجلدان ، باريس ، 1797 ـ 1800 ؛ ط3,2 مجلدات ، 1810 ـ 1819) .

ولد لاغرانج في تورينو 1736. وبرز باكراً كرياضي متفوق . وكان في بادىء الأمر استاذاً في

مدرسة المدفعية في تورينو سنة 1766، وبناءً على توصية دالمبير وأولر، خلف هذا الأخير في أكاديمية فريدريك الثاني في برلين. وفي سنة 1787، وبعد موت العاهل، قبل دعوة لويس السادس عشر وذهب إلى باريس حيث استقر بصورة نهائية. وفي سنة 1788 نشر كتابه الأول الكبير « الميكانيك التحليلي »، وطبعه طبعة ثانية، قسم منه بعد وفاته (مجلدان باريس 1813). وعلم في مدرسة دار المعلمين من السنة الثالثة ثم في مدرسة بوليتكنيك. وكون العديد من التلامذة، واستخرج من تعليمه مادة عدة كتب: نظرية الدالات التحليلية (1797)، ثم كتاب حل المعادلات العددية 1898، ثم دروس في حساب الدالات 1799. وعينه نابوليون الذي كان معجباً بعبقريته شيخاً ثم كونت. وظل لاغرانج حتى وفاته سنة 1813 يمارس تأثيره العميق على المدرسة الرياضية الفرنسية الناشئة. وكانت مؤلفاته الأقل عدداً وانتشاراً من مؤلفات اولر، تعادل هذه الأخيرة من حيث تنوعها واهميتها. وكانت مذكراته وكتبه اي كتب لاغرانج ومذكراته، رائعة من حيث وضوحها واناقتها. وكانت تتضمن كلها نتائج مهمة واصيلة وتعرض الطرق التي تجدد في الغالب، المواضيع المدروسة

أما مقدمات المحللين الآخرين في تلك الحقبة، وإن كانت قيمتها لاينازع بها، إلا أنها قد « كسفت » بهذين العملين الضخمين. وبعض هؤلاء المحللين، مثل دانيال برنولي، كليرو ودالمبير ولاندن أوليجندر، لم يهتموا إلا ببعض نواحي التحليل، وكان هناك آخرون يرون التحليل كتابع متمم لبحوث اخرى: علم الفلك وعلم الاحتمالات، في نظر لابلاس، أو الجيومتريا اللامتناهية في نظر مونج. وربما كان دالمبير وحده هو الذي عالج بكفاءة، مسائل تتعلق بمختلف فروع التحليل. ولكن انتاجه الرياضي تأثر بفعل نشاطه في المجالات الأخرى وربما كان معادلاً لأولر، إلا أنه فضل ان يساهم مساهمة ناشطة في كتابة الانسيكلوبيديا، وفي تطوير الحركة الفلسفية.

المعادلات التفاضلية: إن المسائل المتنوعة التي تعرض لها مؤسسو الحساب اللامتناهي وتلامذتهم، جعلتهم جميعاً على اتصال مع العديد من نماذج المعادلات التفاضلية، سعياً وراء حلها، بوسائل خاصة في اغلب الأحيان. في هذه الأثناء، وبمقدار ما كانت النتائج تتجمع، والملاحظات تتوضح، وضعت قواعد عامة موضع التوضيح، قواعد كان علماء القرن الثامن عشر قد وسعوها ووضحوا شروط استعمالها. ودرست نماذج جديدة من المعادلات، هكذا، بشكل منهجي متزايد، في ذات الوقت تم التثبت من بعض المصاعب. وتكون الدرس الكلاسيكي للمعادلات التفاضلية، أثناء هذه الحقبة، دون أن تتوضح، في كل حال شروط وجود الحلول. ومنذ 1691 استعان جان برنولي بعامل تكاملي في حل معادلة تفاضلية. ووضع اولر نظرية حول هذا العامل، مستخدماً معايير التكاملية، المدروسة من قبل كليرو وفونتين ومن قبله هو نفسه. واستعملت بشكل واسع طريقة تغير الثوابت، التي سبق واستعملها جان برنولي سنة 1693. أما المعادلات التفاضلية الخطية ذات المعاملات الثابتة فقد كاملها أولر سنة 1750. وفي سنة 1724 اقترح ج. ف. ريكاتي J. F. Riccati، المعادلة الشهيرة: $Y' = f(x) + yg(x) + y^2 h(x)$ وحلها بواسطة بعض الحالات الخاصة، فضلاً عن ذلك بيّن دالمبير كيف يمكن حل بعض المعادلات التفاضلية بواسطة نظام معادل أو

مساوي . ووجود حلول فريدة، وهو وجود قال به تايلور ، تأكد وتثبت من قبل كليرو الذي استخدم ، وفقاً لمثل المعادلة التفاضلية التي تحمل اسمه ، طريقة تفاضل أو تفريق المعادلة الأساسية . وتمت العودة إلى دراسة الحلول الفريدة من قبل اولر ولابلاس ولاغرانج ومونج الذين وضّحوا غالبية المصاعب . نشير ايضاً إلى إدخال اولر السلاسل فوق الجيومترية ـ بعد ان ربط بها تجميع حل المعادلة التفاضلية الخطوطية من المرتبة الثانية ـ ومختلف أنماط الدالات مثل دالات $B\ (x,y)$ ودالة $\Gamma\ (x)$ ، الخ

اما المعادلات ذات التفاضليات الشاملة فقد درسها بشكل خاص اولر ولاغرانج . ووضح مونج Monge المعنى الجيومتري لتفاضليات هذه المعادلات التي لا يتوفر فيها شرط التكاملية مستبقا بالتالي بحوث ج. ف. بفاف J.E. Pfaff .

وكان حساب الفروقات المنتهية، قد ادخل منذ القرن السابع عشر ، فعكف على دراسته تايلور وكوت واولر ولاغرانج ولابلاس، واستعمله هذا الاخير، بعد مونتمور Montmort وموافر Moivre في حساب الاحتمالات .

المعادلات ذات المشتقات الجزئية : وبدت مشتقات الاسات ذات المتغيرات الكثيرة ، او المشتقات الجزئية ، بشكل ترقيمات غير واضحة تماماً ، في بعض اعمال نيوتن وليبنز والأخوين برنولي . ولكن هذه المعادلات ذات المشتقات الجزئية ، رغم دخولها في كل المسائل التحليلية المتعددة المتغيرات ، فهي لم تدخل علناً إلا في سنة 1734 ضمن هذه المسائل ، وذلك على يد اولر ، ولم تبدأ دراستها بشكل منهجي إلا في سنة 1747 حيث تناولت مثل المعادلة ذات المشتقات الجزئية من الأوتار المتذبذبة $\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = a^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$ التي وضح حلها دالمبير في المعادلة $u = f(x + at) + \varphi(x - at)$ حيث f و φ دالتان كيفيتان محددتان جزئياً بشروط الحدود والتضيقات التي ادخلها دالمبير على اختيار هذه الدالات ، انتقدها اولر الذي أكد انه من الواجب قبول كل دالة محددة بخط مرسوم كيفما كان ، كما انتقدها برنولي الذي اقترح تمثيل الحلول بسلاسل تريغونومترية (مثلثاتية) . وتدخل كلّ الرياضيين من تلك الحقبة ، في الجدل الذي حسم في القرن التاسع عشر عندما تم تحديد مفاهيم الدالة والسلسلة التريغونومترية بشكل دقيق .

في هذه الأثناء ، وعلى موازاة توسع تطبيقات هذه المعادلات الجديدة في الميكانيك والفيزياء الرياضية ، كانت دراستها التحليلية تتقدم بسرعة . وشارك أولر ودالمبير ولاغرانج مشاركة فعالة في الكشف عن هذا المجال الجديد . وفي حين كانت معادلات الدرجة الأولى قد حلت بشكل عام من قبل لاغرانج ، وفسرت هندسياً من قبل مونج ، في هذه الأثناء كانت أنماط مختلفة من معادلات الدرجة الثانية تعالج متسببة بادخال تطويرات على السلاسل التريغونومترية وعلى السلاسل ذات الدالات الكروية البسيطة أو العامة . الخ . وفي حين كان لاغرانج يوضح من وجهة نظر تحليلية خالصة ، العديد من نواحي هذه النظرية الشديدة الدقة ، كان مونج ، وهو يشدد بصورة خاصة على التطبيقات في الجيومتريا اللامتناهية ، يبدع طريقة جديدة في التكامل الجيومتري ، تطبق بشكل خاص على فئة

مهمة من المعادلات ذات الاشتقاقات الجزئية من الدرجة الثانية ، ذات الشكل $Ar + 2Ks + Lt + M = 0$. وتعتبر نظريته حول السمات نموذجاً لدراسة تحليلية جيومترية ، الهمت لعديد من المؤلفين في القرن التاسع عشر ومنهم سوفوس لي Sophus Lie الذي أقر بأن أسس نظريته في تحول التماس موجودة في أعمال مونج .

إنشاء حساب التغيّرات : شعر أولر وهو يعود سنة 1728 إلى تنسيق مختلف المسائل ذات العلاقة بالقصويات التكاملية ، التي سبق ودرستها مدرسة ليبنيز في أواخر القرن السابع عشر ، شعر اولر بضرورة ادخال طرق اعم ، في هذا المجال . وبعد ان درس المسألة الشهيرة مسألة المحيطات المتجازئة المتساوية (ايزوبريمتر) ، نشر كتاباً شاملاً : « ميتودوس انفينيدي . . . لوزان 1744 » حيث عرض الطريقة الأولى العامة من أجل حل مسائل القصويات . وخلق بهذا ميدان علم جديد سماه في سنة 1766 : حساب التغيّرات . اما تحليله العقلاني ، فرغم تعقيده من ناحية تعمقه بالعناصر الجيومترية ، وبالفروقات المتتالية وبالسلاسل ـ فقد ادى به إلى صيغ عامة بسيطة وأنيقة طبّقها على العديد من الأمثلة .

وفي مذكرة شهيرة ، نشرت سنة 1762 في المجلد 2 من كتاب : « ميسيلانا توريناسيا » أعطى لاغرانج الشاب ، وهو يدخل رمزية اكثر ملائمة ، اعطى اساساً تحليلياً خالصاً للصيغ التي ابتكرها اولر ، مع تعميمه المسألة التي درست بفعل الغاء شرط ثبوتية اطراف المتكاملة المدروسة . وعرف اولر تفوق تبيين لاغرانج ، فاستخدم فيما بعد هذه الطريقة الجديدة .

وخصص لاغرانج عدة دراسات لاحقة لهذا الحساب الجديد، طبقها بشكل خاص على موضوع السطوح الدنيا كما طبقها على انجاز نظامه في الميكانيك التحليلي . وفي سنة 1788 أعلن ليجاندر عن معيار يمكن ان يسمح بتمييز القصويات والدنيوات . أما تبيانه، الذي كانت تنقصه الدقة فإنه لم يصحح الا في سنة 1836 على يد جاكوبي Jacobi .

المفهوم العام للدالات : يعود منشأ فكرة الدالة الى ايجاد الجيومتريا التحليلية من قبل فرمات Fermat وديكارت Descartes . وبهذا الشأن ليس اعتبار الإحداثية الصادية لخط منحن مطابقة للاحداثية السينية سوى النقل الجيومتري لهذا المفهوم . ولم يظهر هذا المفهوم بمظهره التحليلي الخالص إلا بعد إيجاد الحساب اللامتناهي وهو يأخذ بصورة تدريجية معنى أكثر وضوحاً عند نيوتن وليبنز وتلامذتها . وبعد أن مر بعدة تسميات متنوعة ، ظهرت كلمة دالة (Fonction) عند ليبنيز وتوضحت عند جان برنولي الذي حدد ، في سنة 1718 دالات متغير مثل الكميات المركبة بأي شكل كان ، من هذا المقدار المتغير ومن الثوابت . والترقيم الحديث البسيط جداً $f(x)$ ، أوجده أولروكليرو .

قام اولر سنة 1748 في كتابه « مدخل إلى التحليل اللامتناهي » بدراسة منهجية للدالات الأولية ، وصنفها بحسب نموذج تكوينها ، جبرية ، أو تصاعدية ، ظاهرية أو ضمنية ، موحدة الشكل او متعددة الشكل . وحقق هذا التصنيف تقدماً مهماً رغم ان التعريف الذي اعطي للدالات

التصاعدية ، يبدو اكثر ضيقاً وحصرية ، وفي سنة 1749 قادت دراسة المعادلة ذات المشتقات الجزئية في الاوتار المتذبذبة ، اولر إلى توسيع مفهوم الدالة العامة وإلى القول بأنها يمكن ان تحدد بخط منحن مرسوم كيفما كان فوق سطح . والغموض الناتج عن تواجد هذين المفهومين لن يزول إلا في القرن التاسع عشر على يد فوريه وعلى يد لوجون ـ ديريكلي Le jeune — Dirichlet اللذين شرحا بذات الوقت العلاقات القائمة بين المفهوم العام للدالة ، والتطور ضمن سلسلة تريغونومترية ادخله دانيال برنولي ، وظل هذا التطور لمدة طويلة يعتبر اكثر ضيقاً من حل اولر .

دالمبير D'Alembert ونظرية الحدود :وبدون اعطاء الانتباه الكافي لمبادىء الحساب الجديد ، لم يهمل علماء القرن الثامن عشر دراسة هذه المبادىء اهمالاً تاماً . فقد استخدم فونتينيل Fontenelle في كتابه « عناصر جيومترية اللامتناهي (باريس 1727) اللامتناهي الكبرو اللامتناهي الصغر ، مع قبوله بوجود اللامتناهي الحالي ، من الدرجة الأسية المطلقة ، من اجل تمثيل دوغماتيكي لمجمل المسائل المتعلقة باللامتناهي . وهذه الوجهة من الرأي ، كانت موضوع جدل مر به من قبل أهم الرياضيين الرئيسيين .

وفي حين حملت انتقادات بركلي Berkeley المدرسة البريطانية على تعميق مجمل مفاهيم حساب التفاضل ، عرض دالمبير ، في الانسيكلوبيديا وفي : « توضيحات حول عناصر الفلسفة » 1767 ، مستلهماً مفاهيم وأفكار روبنس Robins و ملكورين Malcaurin ، عرض خصائص اللامتناهيات الصغر من مختلف المراتب بشكل عصري جداً ، وإنشاء التحليل حول نظرية الحدود . ورغم ان هذه النظرية مركزة بشكل غير كاف فقد استخدمت ، مع ذلك كأساس للعرض الدقيق الذي قام به عنها كوشي في القرن اللاحق . وعرفت نظرية دالمبير هذه نجاحاً كبيراً ، ولكنها لم تنل موافقة اولر ، الذي كانت وجهة نظره ، وإن غير واضحة تماماً ، أقرب قليلاً إلى وجهة نظر فونتينيل .

نظرية الدالات عند لاغرانج :**Lagrange** : جهد لاغرانج ، وهو يرى ان طريقة الحدود مشوبة بلجوء إلى الميتافيزيا ، وشاكاً بدقة طريقة اللامتناهيات الصغر ، بعد 1772 بأن يؤسس التحليل على الطرق الجبرية ، وبصورة خاصة على استعمال التجذيرات بالسلاسل التي قال بها Taylor . وقد وسعت مفاهيمه فيما بعد وعرضت بشكل اكثر منهجية في كتابه « نظرية الدالات التحليلية » 1797 ، وفي « دروس حول حساب الدالات » 1799 . .

وشرع بدراسة التجذير التايلوري لدالة عند مجاورتها للقيمة a من المستقل المتغير ، وفهم اهمية الباقي ، ولكنه اهمل دراسة شروط الوجود والتثبت من ان التجذير الحاصل يمثل تماماً الدالة الاساسية ، وهو ضعف تميزت به حقبة قلما انتشر فيها مفهوم الدقة ، سواء في الجبر ام في التحليل . وبتفريع السلسلة الحاصلة، وما فيها من باق، عرف الدالات المشتقة ـ ورقمها $f'(x), f''(x)$ الخ . بواسطة المعامِلات المتتالية في التجذير . وانتقدت هذه المحاولة في عصره لترقيماتها ، واستعمالاتها غير المريحة ، فسقطت نتيجة غموض المفاهيم المتعلقة بتلاقي السلسلات ، وبمفهوم الدالة العشوائية بالذات . إلا انها امتازت ، مع ذلك ، بجذب الانتباه إلى الدراسة المجردة ،

دراسة الدالات ، التي بواسطة كوشي Cauchy وريمان Rieman ،وويرستراسWeirstrass ، ادت إلى خلق نظرية الدالات المتغيرات الفعلية . واثرت هذه المحاولة ايضاً في تطوير نظرية وظائف المتغير المعقد وفي تطوير السلاسل الشكلية .

بعض المسائل الجديدة : كان عمل نيوتن غنياً جداً بالطرق ، وبالنظريات ، وبالنتائج الجديدة ، فترك بحالة التعليق العديد من المسائل التي سوف يشغل حلها علماء القرن 18 . ذلك ، مثلاً ، هو حال البحث عن صورة توازن مائع في حالة الدوران ، تتجاذب جزئياتها وفقاً لقانون نيوتن. وقد بيّن نيوتن وماكلورين وكليرو ان هذه الصورة كانت اهليلجياً في حالة دوران ، كما تنبأ به نيوتن . وحدد ماكلورين ايضاً قيمة الجذب الذي يحدثه شكل اهليلجي (Ellipsoïde) منسجم فوق نقطة ءاقعة في داخله او فوق سطحه .

وعاد إلى هاتين المسألتين كل من دالمبير ولاغرانج ، ولابلاس وليجندر الذين اوضحوا ، بهذه المناسبة ، طرقاً جديدة أو وسائل حساب أصيلة . وعلى هذا وسع ليجندر سنة 1783 حساب الجذب لتشمل نقطة خارجية ، بفضل تدخل شكل إهليلجي ذاتي البؤرة Homofocal ، وبفضل استخدام «متعدّدات حدود ليجندر » الشهيرة. وعلى هذا أيضاً أدخل كليرو الدالة V التي استعملها لاغرانج فيما بعد في الديناميك وفي التحليل . وفي سنة 1785 بيّن لابلاس ان هذه الدالة الخامسة ، تتلاءم مع معادلة ذات مشتقات جزئية : $\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial z^2} = 0$ ، تلعب (اي المعادلة) دوراً كبيراً في مختلف فروع الفيزياء الرياضية ، واستخدم لابلاس الاحداثيات الصادية القطبية ، في تكامل الدالات ، المسماة دالات لابلاس ، معمماً بالتالي الدالات التريغونومترية ، في حالة المتغيرين .

وادت مسألة اخرى إلى اكتشافات اكثر اهمية . هي مسألة تقويم الاهليلج Ellipse والإيبربول (القطع الزائد) ، تقويماً لم يستطع الحصول عليه محللو القرن 17 ، لأن حله بوجب بالضرورة اعمال دالات جديدة .

ونظراً لصعوبة معالجة الموضوع بالعمق ، جرت أولاً محاولة البحث عن كل المتكاملات التي يتعلق حسابها بهذه الأقواس. وقدم الجيومتري الايطالي ج . ك . فاغنانوG . C . Fagnano ، (1682 — 1766) مساهمة اكثر اصالة عندما بيّن ، بعد 1716 ، انه بالامكان ، ، وبالاف الاشكال ، وفوق قطع اهليلجي ناقص Ellipseأو فوق ايبربول معين، رسم قوسين بينهما فرق معين،ومن خلال إقامة علاقة مباشرة بين تقويم هذه المنحنيات وتقويم المنحني ذي العروتين.وحفزت بحوث فاغنانو Fagnano ، التي نشرت سنة 1750 ، اولر فعالج ، في سنة 1756 ، هذه المسألة بشكل تحليلي ، واثبت عدة خصائص مهمة لهذه المتكاملات Intégrales ، المتميزة ، في العنصر التفاضلي ، بوجود الجذر التربيعي لمتعدد الحدود Polynôme من الدرجة الرابعة . وفي سنة 1780 ، بيّن ج لاندن J . Landen ان حساب اي قوس من مخروط Hyperbole قد يرد إلى حساب قوسين فوق قطع اهليلجي Ellipse ، وهي نتيجة عرضها لاغرانج بشكل اكثر مباشرة . في سنة 1786 ، تدخل ، لأول مرة ، في هذا المجال ا . م . ليجندر الذي خصص لهذه البحوث قسماً كبيراً من حياته . واحتوت مذكراته

الأوليان (1786 — 1793) نتائج مهمة متعلقة في تصنيف هذه المتكاملات، وفي تحويلها، إلى اشكال قانونية وحسابها المتقارب . ولكن جوهر عمل ليجندر موجود ضمن الكتب التي نشرها سنة — 1819 1811 وسنة 1825 — 1832 ، والتي سوف نذكرها في المجلد اللاحق ، بذات الوقت مع اعمال آبيل Abel و جاكوبي Jacobi ، التي سوف تكشف عن الأهمية الاستثنائية لهذه الدالات الجديدة .

II ـ تقدم المجالات الجبرية

بدون أن يدخل تجديدات بارزة ، قدم القرن 18 ، في مجال العلوم الجبرية العديد من التحسينات التي أعدت ثورة القرن التالي .

1 ـ نظرية المعادلات

القاعدة الأساسية في الجبر : سنة 1608 ، أكد ب.روث P . Rothe بأن كل معادلة جبرية من (ن) درجة تحتوي (ن) جذر . هذه الصيغة استعادها ، بشكل أوضح فأوضح ، البير جيرار Albert Girard (1629) ، وديكارت (1637) ونيوتن (1685) واولر (1742) ، بفضل فهم أفضل لطبيعة الجذور (الحقيقة أو الخيالية ، المتميزة أو المتطابقة) . وإثبات هذه القاعدة الأساسية عالجها على التوالي دالمبير D'Alembert(1746) واولر (1751) ، الخ . ولكن الاثبات الأول الدقيق لم يقدم إلا في سنة 1799 من قبل غوس Gauss ، الذي قدم فيها بعد ، اثباتات أخرى ، وكون كل معادلة جبرية تمتلك ، على الأقل،جذراً حقيقياً أو خيالياً ، هو في أساس اثباتات لاغرانج وغوس .

المحددات أوالحواسم : في أواخر القرن 17 ، استخدم ليبنيز ، ، في مختلف المناسبات ، وعند حلّ أنظمة المعادلات الخطوطية Linéaire ذات المجهولات الكثيرة ، نظام عد حسابي (algorithme) يُعادل محدداتنا الحالية[1] . وهناك ترقيمات مماثلة ، اعاد ادخالها سنة 1750 غبرييل كرامر Gabriel cramer ، استخدمت بكثرة متزايدة بخلال النصف الثاني من القرن ، وبخاصة من قبل بيزوت Bézout (1764) وفاندرموند Vandermonde (1772) ولابلاس (1772) ولاغرانج (1773)، الخ . وحصلت نتائج جديدة متنوعة دون تطوير دراسة منهجية لهذا الألغوريتم Algorithme الجديد . وابتكرت كلمة محدد من قبل غوس Gauss سنة 1801 ، في حين كانت النظرية قد توضحت بخلال العقود الأولى من القرن 19 من قبل غوس بالذات ، ومن قبل جان بينه J . Binet وكوشي Cauchy ، وجاكوبي Jacobi ، ولكن الترقيم الحديث لم يدخل إلا سنة 1841 ، على يد كايلي A. Cayley . .

---

(1) من الملاحظ أن الطريقة الصينية القديمة القائمة على تمثيل معاملات مجهولات العديد من المعادلات الخطية المستقيمة المتقارنة ـ Linéaires فوق رقعة الشطرنج échiquier (راجع مجلد 1 ، القسم 1 ، الفصل 5) تَرِدُ في الواقع الى تصوير مُحَدِّدٍ ما تصويراً تحديدياً . فضلاً عن ذلك ، وقبل ليبنيز بعدة سنوات ، قام العالم الرياضي الكبير ، الياباني سيكي كوا Seki Kowa ، وباستخدام محدد Déterminant لكي يستبعد كمية بين معادلتين .

معادلات ذات درجة أعلى من 4 ـ في حين كان حل المعادلات من الدرجة 3و4 ، يستفيد من بعض التقدم التفصيلي ، العائد ، بشكل خاص ، إلى إستعمال افضل للأعداد المعقدة ، كان انتباه علماء الجبر يتوجه بالطبع ، نحو المعادلات ذات الدرجة الأعلى ، وبخاصة نحو معادلات الدرجة الخامسة ، التي بدا حلّها أحد الأهداف الأولى الواجبة التحقيق . وفي سنة 1683 ، اعتقد تشيرنهوس Tschirnhaus انه اكتشف طريقة عامة لحل المعادلات الجبرية . وهذه الطريقة ، رغم عدم فعاليتها في حل المعادلات الأعلى من الدرجة 4 ، وهي طريق الاستبدال ، اتاحت فيما بعد رد المعادلة العامة من الدرجة الخامسة إلى شكل قانوني تثليثي الحدود Triñome .

ولكن الفشل الكثير الحاصل بعد محاولة حل المعادلات العامة ذات الدرجة الأرفع من 4 ، دفع إلى القيام بتحليل ادق للطريقتين العامتين المستعملتين في حل المعادلات من الدرجة الادنى : طريقة الاستبدال والدمج . وحصلت دراستان مهمتان حول هذا الموضوع ، وبذات الوقت من قبل فاندر موند (1770) Vandermonde نشرت سنة 1774 ومن قبل لاغرانج (أفكار الحل الجبري لبعض المعادلات 1770-1771) .

وقرر فاندرموند Vandermonde بأن الحل العام لمعادلة من درجة معينة ، يتعلق بامكانية بناء دالة جذرية صماء لجذور بعض حدودها تساوي هذه الجذور بالذات ، بشرط ان تكون هذه الدالة قابلة للتحويل بشكل يجعلها مرتبطة فقط بدالات متناظرة مع الجذور المبحوث عنها . وهكذا عثر فاندرموند على صيغ لحل المعادلات من الدرجة 2و3و4 ، وفشل فيما يتعلق بالمعادلات العامة ذات الدرجة الأعلى ، ولكنه نجح في حل المعادلة ذات الحدين $x^n - 1 = 0$ (Binôme) ، مؤملاً حتى ، بإمكانية حل المعادلة $x^n - 1 = 0$ ، في كل الحالات التي يكون فيها (n) أوّلياً، حلٌّ سوف يعرضه غوس في كتابه « ديسكييزيسيوني اريتماتيكا » (1801) .

واضطر لاغرانج ، من جهته ، إلى دراسة الدالات القياسية (Rationnelles) لجذور المعادلات الجبرية ، وبصورة خاصة إلى دراسة سلوك هذه الدالات عند تبديل الجذور Permutation . وهكذا اقتيد إلى وضع القواعد الأولى لنظرية المجموعات المستقبلية . ولاحظ لاغرانج ان الطرق المعتادة في الحل تلجأ إلى معادلات مساعدة ، تسمى حلاّلة ، تكون جذورها دالات خطية Linéaires للجذور المطلوبة ، ولجذور الوحدة ، فبين ان المعادلة من الدرجة الخامسة لا يمكن ان تحلّ هكذا ، إذا كانت معادلتها الحلالة من الدرجة السادسة . وفي سنة 1798 عاود هذه الدراسة في « الحل الجبري للمعادلات » ، إنما دون أن يستطيع ان يسير ، إلى أبعد ، في دراسة المعادلات،من الدرجة الأعلى من 4 . وفي السنة اللاحقة ، حل العالم الرياضي الايطالي بيترو روفيني Pietro Ruffini بصورة جزئية هذه المعضلة في « النظرية العامة للمعادلات » ، مؤكداً على الاستحالة القاطعة في حل المعادلات العامة ذات الدرجة الاعلى من 4، حلاً جبرياً . ومع ذلك فقد بقيت هناك ثغرات في تحليله. والتبيين النهائي لن يعطى الا سنة 1826 من قبل آبيل Abel . وادت البحوث المهمة لروفيني Ruffini بعد لاغرانج ، الى تعميق اسس نظرية المجموعات. وان لم يقدر عمل الرياضي الايطالي حق

قدره، الا أنه يحتل مكانة مختارة إلى جانب أعمال فاندر موند، ولاغرانج وغوس، في اعداد الثورة الكبرى، ثورة 1826 – 1830، التي جددت طرق الجبر باكمله ، بعد ان اوضحت المصاعب الملحوظة في نظرية الحل الجبري للمعادلات .

إنجازات مختلفة ـ وتحققت انجازات اخرى أكثر اولية . من هذه الانجازات ، التي تتحكم جزئياً بأعمال فاندرموند ولاغرانج ، هناك انجاز يتعلق بالدالات التناظرية بجذور معادلات جبرية ، بدأ بدراستها جيرار ، وعالجها نيوتن وأكملها لاغرانج سنة 1768 وإ. وورنغ E . Waring . 1782) (1770 . واستبعاد مجهول من معادلتين ذاتي مجهولين ـ وهي مسألة تعادل البحث عن نقاط تقاطع بين منحنيين يمثلان هاتين الدالتين ـ درس في القرن 17 من قبل ستيفن Stevin ، فرمات Fermat ، وهودHudde .

واستبعد كرامر Cramer ، سنة 1750 ، الصعوبات التي مبعثها الوجود الممكن لنقاط متعددة . وبين بيزوت Bézout ، سنة 1771 بصورة نهائية ان منحنيين جبريين من الدرجة mوn لهما mn من النقاط المشتركة .

وكانت قاعدة اشارات ديكارت موضوع تحسينات عدة ومحاولات عدة تبيينية ، وخاصة من قبل ليبنيز، وغواGuaوج . آ. سيغنرSegner . وا . وورنغE. Waring، وغوس . وعولج موضوع فصل الجذور من قبل رول Rolle الذي طور ، في « رسالته الجبرية » (1690) « طريقة التسلسلات » Cascades ، متيحاً من خلال النظر إلى سلسلة من المعادلات المساعدة من ذوات الدرجات المتنازلة ، الاحاطة بالجذور الحقة لبعض انماط المعادلات . وفي سنة 1691 ،نشر رول قاعدته الشهيرة التي تؤكد بأن الدالة لا يمكن ان تلغى اكثر من مرة في الفترة الفاصلة بين جذرين حقيقين متتاليين ، ودالتها المشتقة .

الحل العددي للمعادلات : في كتابه « اريتماتيكا اونيفرساليس » (1707) قدم نيوتن العديد من الطرق لتحديد حد اعلى للجذور الحقة ، وقدم قاعدة لتحديد الحد الأدنى لعدد الجذور الخيالية والحد الأعلى لعدد الجذور الايجابية والسلبية . وهذه القاعدة الأخيرة ، الأكثر وضوحاً ، في الغالب ، من قاعدة ديكارت ، لم تبين إلا في القرن 19 .

وقد اهتم نيوتن ايضاً بالمسألة المهمة مسألة التحديد المقارن لجذور مطلق معادلة . واسلوبه المستعمل بعد 1685 في « الجبرا » لـوليس ، ذو تطبيق سهل نوعاً ما .

نفترض معادلة $f(x) = 0$. وقيمة قريبة a من احد جذور هذه المعادلة . نضع $x = a + y$ ثم نشكل المعادلة المساعدة $g(y) = f(a + y) = 0$. ان هذه المعادلة ذات (y) تقبل بجذر ذي قيمة مطلقة قليلة . له قيمة مقاربة (b) يحْصل عليها برد المعادلة إلى حديها من ذوي الدرجة الأدنى .

إن $(a + b)$ هي قيمة جديدة قريبة من الجذر المبجوث عنه وتطبيق هذا الأسلوب يمكن ان يستمر إلى الحد الذي نشاؤه .

هذه الطريقة ، غيرت قليلاً سنة 1690 من قبل رافسون Raphson الذي استعمل القيمة القريبة :

$b_1 = a - f(a)/f'(a)$ وقد عاد إليها فيما بعد لاغرانج وفوريه Fourier .

وفيما خص الطرق الأخرى الكثيرة للحل الرقمي القريب من المعادلات ذات الدرجة المرتفعة ، هـذه الطرق التي درست في القرن الثامن عشر ، لن نشير منها إلا على اعمال لا غني — (1705-1706) والمرتكزة على استعمال الفروقات المتتالية للدالة (f (x ، ثم اعمال تايلور Taylor المرتكزة على تدخل سلسلته الشهيرة ، واعمال لاغرانج ، المشتقة من استعمال التجذيرات ذات الكسور المستمرة .

2 ـ الأعداد المعقدة وتطبيقاتها

طبيعة الأعداد المعقدة : ان الاعداد المعقدة ، ادخلت في القرن السادس عشر بمناسبة حل المعادلة من الدرجة الثالثة ، وبعدها احتلت مركزاً متزايداً في الجبر . إلا انه نتيجة عدم وجود تبرير صحيح وفهم واضح لطبيعتها ، شكل ادخالها ، وقد قضت به حاجات الحساب ، كارثة مستمرة من الناحية المنطقية . ودون الوصول الى تبرير منطقي نهائي لهذه الأعداد ـ التي ظلت لمدة طويلة تسمى بالأعداد الخيالية ، نظراً لأن كلمة معقد التي ادخلها غوس سنة 1831 ، لم تنتشر إلا ببطء ـ فإن القرن الثامن عشر شاهد تحقيق انجازات مهمة ، بفضل ادخالها في العديد من الفروع من التحليل وبفضل تفسير اكثر دقة لطبيعتها .

وغالبية المؤلفين في القرن السابع عشر كانت تعتقد ان مختلف انواع الجذور لها ما يطابقها من أنماط متنوعة من الأعداد « الخيالية » ، رغم أن ليبنيز قد بين سنة 1677 بأن العدد $\sqrt[3]{a+bi}$ + $\sqrt[3]{a-bi}$ هو عدد حقيقي[1] . وخلال النصف الأول من القرن الثامن عشر أدى تحسين وسائل حل المعادلات من الدرجة الثالثة والرابعة ، وادى تدخل الأعداد المعقدة ، بصورة كبيرة في دراسة الدالات المختلفة ، وفي مختلف التجذيرات التسلسلية ، إلى ضمان أكبر في الاستعمال ، ضمان قائم على القناعة بالطبيعة الموحدة لهذه الأعداد . وتم اجتياز خطوة حاسمة من قبل دالمبير الذي اكد ، سنة 1746 في « افكار حول السبب العام للرياح » (نشر سنة 1747) ان كل دالة ذات عدد او عدة اعداد يمكنها ان توضع بشكل a + bi (والرمز i يعني $\sqrt{-1}$ الذي ادخل من قبل اولر سنة 1777 وكان غوس اول من استعمله بشكل منهجي) . ورغم ان تبيين دالمبير ، الذي اخذه عنه اولر انما بأشكال اخرى ، ولاغرانج الخ ، رغم عدم كفاية الدقة في هذا التبيين . فقد اقتنع به معاصروه ، مما فتح المجال امام النظرية التحليلية التي سوف يطورها كوشي في القرن التاسع عشر .

وهناك طريقة اخرى ، تمثيل الأعداد المعقدة جيومترياً ، وهي طريقة عرفها وَليس Wallis سنة

---

(1) استعمل ليبنيز لهذه الغاية تجذيرات تسلسلية . ومما يشار اليه انه منذ 1572 بين ر. بومبلي R.Bombelli في الجبر ان $\sqrt[3]{2+\sqrt{-121}} + \sqrt[3]{2-\sqrt{-121}} = 4$.

1673 ، ويمكن ان تعطي أساساً متيناً لاستخدام هذه الأعداد . ولكنها رغم ايضاحها سنة 1797 من قبل الدانماركي ك . ويسل C . Wessel ، فإنها لم تنتشر الا بعد ان اعاد اكتشافها مؤلفون آخرون في بداية القرن التاسع عشر .

انتشار مفهوم اللوغاريثم : ارتبطت مسألة إقرار الاعداد المعقدة في القرن الثامن عشر ، بشكل وثيق ، بمسألة ادخالها في دراسة الدالات اللوغاريثميه والتريغونومترية والأسية .

وبمناسبة تكامل الكسور الجذرية اضطر ليبنيز وجان برنولي سنة 1702 وج . س . فغنانوG . C . Fagnano ، سنة 1716 ، بالطبع إلى الوصول لمفهوم اللوغاريثم ، لوغاريثم العدد الخيالي . ولم يخش هؤلاء من استخدام هذه الفكرة ولكن تجديدهم الجريء اثار جدلاً حاداً حول طبيعة لوغاريثمات الاعداد السلبية أو « الخيالية » :

أولاً بين ليبنيز وجان برنولي في سنة 1712 — 1713 ؛ثم بين هذا الأخير وأولرEuler، بين1727 و1731؛ وأخيراً بين أولر ودالمبير في سنة 1747 — 1748 . وتوضح مذكرتان لأولر نشرتا سنة 1751 ، بصورة نهائية المسألة وذلك بتبيان ان العدد n الحقيقي او الخيالي له عدد غير محدد من اللوغاريثمات وكلها خيالية ، باستثناء واحدة عندما يكون n إيجابياً .

ودراسة الدالة اللوغاريثمية اصابها التغيير الرئيسي . فقد كانت الطرق الثلاثة المستعملة حتى ذلك الحين هي : الطريقة القديمة أي طريقة مقارنة التصاعديات الحسابية والهندسية ، ثم استعمال تجذير تسلسلي ، واخيراً التعريف المعتبر كأولي . ودراسة الدالة الجذرية من قبل وليس ونيوتن وجان برنولي دلت على ان الدالة اللوغاريثمية كانت عكس هذه الدالة الجديدة ذات الصفات البسيطة بشكل خاص . واقترح و . جونس W . Jones ، في سنة 1742 دراسة الدالة اللوغاريثمية انطلاقاً من هذا التعريف ، **العرف** الذي ، بعد ان نشره اولر سنة 1749 ، تعمم بسرعة . نشير أيضاً ان الترقيم كقاعدة اللوغاريثمات النيبرية يعود الفضل فيه إلى اولر الذي بين ايضاً اهمية e و e^2 .

الأعداد المعقدة والتريغونومتريا الجديدة : وبالمقارنة دخلت الأعداد المعقدة بشكل باهر في مجال التريغونومتريا . ومن الصيغة الشهيرة $ix = \log(\cos x + i \sin x)$ التي عبر عنها سنة 1714 روجر كوت cotes ، استخرجت صيغتان اساسيتان : $(\cos x + i \sin x)^n = \cos nx + i \sin nx$ صيغة استعملت سنة 1730 من قبل دي موافر ، وفيها n عدد صحيح $e^{ix} = \cos x + i \sin x$ وقد صاغها اولر Euler سنة 1748 .

ونحن مدينون ايضاً لـ « اولر » بصيغ اخرى مهمة منها التعبيرات $\cos x$ و $\sin x$ بشكل اسي : $\cos x = (1/2)(e^{ix} + e^{-ix})$ والعبارة : $\sin x = (1/2i)(e^{ix} - e^{-ix})$ والعبارة $e^{i\pi} = -1,$ $i^i = e^{-\pi/2}$ التي تربط بشكل بسيط جداً العددين الاكثر شهرة في التحليل .

واصبحت التريغونومتريا بعد ان تخلت عن كل سند جيومتري ، اصبحت فرعاً من نظرية

الدالات ، ذات الرابط المتين بالدالة الجذرية واللوغاريثمية . والتجذيرات التسلسلية التي حصلت في القرن الماضي ، ثم التفكيك عن طريق تريغونومتري للصيغة : $x^n - 1$ إلى عواملها الحقيقية من الدرجة الأولى والدرجة الثانية تفكيك حققه ر . كوت R . Cotes ـ يمكن ان يسمح بتوقع هذا التوجه الجديد . وفي كتابه : « مدخل إلى التحليل اللامتناهي » اعطى اولر للتريغونومتريا شكلها الحديث ، وذلك بتعريف الدالات التريغونومترية، كعلاقات، أخذاً مع لاغني Lagny، الجيب Sinus totus الذي يساوي 1، ومعطياً للصيغ تمثيلها العصري، ومستعملاً التجذيرات كسلاسل وكحواصل ضرب غير متناهية لمختلف الدالات التريغونومترية. نذكر أيضاً بالتأكيد الواضح الذي حصل من قبل فانتت لاغني Fantet de Lagny سنة 1719 بالنسبة إلى دورية الدالات التريغونومترية ، والاعلان عن عدة صيغ جديدة من قبل ف. و. اوبل F.W.Oppel وت. سمبسون Th.Simpson إن التريغونومترية الكروية ، والتي اعطاها اولر ايضاً شكلاً شبه حديث ، طورها ايضاً كورت ولامبير ، ولكسيل ، وليجندر ، ولابلاس ، اما من وجهة نظر تحليلية خالصة ، واما نظراً لتطبيقاتها الجيوديزية والفلكية .

وقدم كل من ج . ماشين J . Machin ، وج . هيرمن J . Herman ، واولر Euler ، سائرين في الدرب الجديد الذي فتحه فيات Viète ، تعابير جديدة لـ π، سواء بشكل مجموعات او بشكل حاصلات ضرب لامتناهية ، اتاحت تحديد اكبر عدد من الأرقام في تجذيرها . في حين ان ترقيمها الحديث (π) ، من ابتكار و . جونس W . Jones سنة 1706 وكان قد اذاعه واشاعه اولر ، فإن لامبير بيّن سنة 1761 عدم جذرية (اصحية) هذا الرقم . ورغم ان استحالة تربيع الدائرة لم يتثبت إلا سنة 1882 من لندمان Lindeman ، فإنه منذ 1775 رفضت اكاديمية العلوم في باريس رفضت ان تنظر في كل مذكرة مخصصة اما بهذا الموضوع او بتربيع المكعب او تجزئة الزاوية . ويدل هذا القرار على تقدم الدراسات في هذا المجال .

ضمن هذا الترتيب من الأفكار ، يتوجب علينا الاشارة إلى إدخال الدالات الايبربولية من قبل ف. ريكاتي V.Riccati سنة 1757، دالات أثبتت دراستها من قبل والاس ولامبير (1768) قربها من الدالات التريغونومترية .

3 ـ الحسابات غير المحدودة

دراسة **السلاسل** : قدم النجاح الهائل لنظرية السلاسل إلى الرياضيين في أواخر القرن السابع عشر جملة من التطوّرات الغنية جداً . ولهذا عمل تابعوهم على الافادة الواسعة من هذا المخزون الذي ساعدوا في انتشاره . وحصلت نتائج تقنية مهمة بفضل براعة وبفضل تجرد بعض الرياضيين امثال جان برنولي واولر في استخدام هذه الأداة . ولن نذكر من هذا الا بعض الأمثلة : سلسلة تايلور Taylor ، التي بررها مخترعها باستنتاج جريء ، والتي لعبت دوراً اساسياً في انتاج لاغرانج . سلسلة مزدوج

الحدين التي عبر عنها وأدخلها نيوتن سنة 1676، في الحالة العامة حالة الاس الحقيقي ، وقد استعملت استعمالاً واسعاً قبل ان تبين بشكل دقيق وانيق من قبل اولر سنة 1773 ، ثم من قبل ابيل Abel ، في حالة الاس المعقد . تجذير الدالة الاسية التي بيّن اولر في سنة 1748 انه يساوي ، عندما يكون n لا متناهياً ، حدّ العبارة $(1 + x/n)^n$.

ولم يستطع اشهر رياضيي تلك الحقبة رغم براعتهم الحسابية ان يتجنبوا المصاعب المرتبطة باستعمال التجذيرات اللانهائية وهي صعوبات كانوا يقدرونها اقل من قدرها بل ربما لا يرونها . ومع الاعتراف بتفارق السلسلة المتوافقة، تفارقاً اثبته جاك برنولي بعد 1689، ووجود حالات ابسط، تقاربية، لم يخش اولر ولاغرانج استعمال سلاسل نصف متقاربة او متباعدة ـ ومعنى العبارة : « سلسلة متقاربة» كان في ذلك الحين غير واضح تماما ولا يتوافق في اغلب الاحيان إلا مع التحقق من كون الحد العام يتجه نحو الصفر. وعلى هذا، اكد لاغرانج ان المجموع في السلسلة $+ \cos x = 1/2 -$ $\cos 2x + \cos 3x + \ldots$ واولر نفسه قبل بـ : $1/2 = 1 - 1 + 1 - 1 + 1 - \ldots$ ،وبشكل عام اعتبر اولر انه،بالنسبة الى عدد من القيم يتخذه المجهول x،يمكن تمثيل الدالة f (x) بمجموع من سلسلة متقاربة . وهذا التمثيل يصح بالنسبة إلى كل قيم x ، التي تكون فيها الدالة f(x) محددة ، حتى ولو كان من المستحيل التثبت ما إذا كان تقارب السلسلة ثابتاً فيها ايضاً . مثل هذا التصور قد يوقع في التناقضات الظاهرة التي تثير العجب خاصة إذا قبل بها رياضي من مرتبة اولر .

ولهذا ورغم تجاوز حكمه نفهم الآن نقمة آبيل من عدم دقة نظرية السلاسل : « إذا استثنينا حالات البساطة الكبرى ، في كل الرياضيات ، فإنه لا يوجد تقريباً اية سلسلة يكون مجموعها محدداً بدقة . وبكلام آخر فإن الشيء الأهم في الرياضيات يكون بلا أساس » (رسالة إلى هولنبو Holmböe 16 كانون الثاني 1826.) .

وهكذا بعد ان استغل موارد تقنية السلاسل ترك القرن الثامن عشر لورثته مهمة ملحة ، ادخال الدقة الحقيقية في هذا المجال .

الحاصلات اللانهائية والكسور المستمرة او المتتالية : رغم ان الحواصل اللامتناهية كانت معروفة منذ فيات Viète ، فهي لم تستخدم بشكل منهجي إلا من قبل اولر الذي عرف اهميتها واستمد من استعمالها نتائج سوف تكشف فيما بعد عن اهميتها البالغة ، سواء في نظرية الدالات ام في نظرية الاعداد .

في هذا المناخ المؤاتي لاستخدام الحسابات اللانهائية، لم تكن نظرية الكسور المتتالية لتقصر عن أن تكون مفيدة بشكل واسع . واولر الذي كتب عنها عرضاً منهجياً منذ 1737 ، اكمل الترقيمات ، وعمم حساب المصغرات ، واهتم بمسألة التقارب او الالتقاء وبتحويل السلاسل إلى كسورات متتالية كما اهتم بالتطبيقات العملية لحل المعادلات الجبرية او غير المحددة . واهتم لاغرانج بشكل خاص ببعض الكسور المتتالية الدورية كما اهتم بتطبيق المعادلات التفاضلية في التكامل .

4 ـ نظرية الاعداد

بعد النجاح الباهر الذي لقيته في القرن السابع عشر دراسة المسائل الكلاسيكية المتعلقة بتحليل ديوفانت Diophante ، لم تلبث ان تراجعت بسرعة ، واحتلت نظرية الاعداد ، بعد اهمالها لفترة ، مكانة مهمة في أعمال أكبر رياضيين من القرن 18 وهما اولر ولاغرانج .

في سنة 1736 بينَ أولر القاعدة الصغيرة التي وضعها فرمات Fermat (إذا كانت p اولى فان $a^p - a$ قابلة للقسمة على p)، وهي قاعدة عممها سنة 1760 ، بعد ان ادخل الدالة (n) Q ، عدداً من الأعداد الصحيحة اقل من n وأوّلية بالنسبة إلى هذا العدد . ونجح سنة 1732 ايضاً في تبيين (إذا كانت n تساوي 5) عدم صحة تأكيد فرمات القاضي بأن تكون $2^{2^n} + 1$ دائماً عدداً صحيحاً ، وبين الحالة الخاصة n= 3 في قاعدة فرمات ، (في سنة 1770 بيّن لاغرانج حالة n= 4) . وبعد 1741 اهتم اولر بمسألة التقسيم او التوزيع ، اي تحديد عدد التفكيكات الممكنة للعدد N الى مجموع n من الحدود، وهي مسألة وسعها في كتابه مدخل الى تحليل اللامتناهيات . وقد بيَنَ لاغرانج قاعدة فرمات التي تؤكد بان كل عدد صحيح N هو مجموع اربعة مربعات على الاكثر. ومن جهته بين اولر ان كل عدد اول من صيغة 4n +1 يمكن ان يفكك بشكل واحد الى مجموع مربعين .

والانجازات التي ادخلها اولر على نظرية وعلى ترقيم الكسور المتتالية اتاحت له ان يحسن حل المعادلة غير المحددة من الدرجة الأولى ax+ by = c، وكذلك حسن حل معادلة بل التي جذرها من قبل وليس وبرونكر . ووجود الجذور في هذه المعادلة الأخيرة بينه لاغرانج سنة 1766 .

وفي سنة 1771 اعلن الرياضي الانكليزي ي. وورنغ E . Waring ، بدون تبيين سلسلة كاملة من المقترحات حول نظرية الاعداد : تفكيك عدد إلى مجموع مكعبات أو اسات اربعية الخ ، تفكيك كل عدد مزدوج إلى مجموع من عددين اولين (وهي امكانية سبق ان أكد عليها سنة 1742 غولدباخ Goldbach) ، الخ . قاعدة منسوبة إلى ج . ولسن J . Wilson ، ولكنها كانت معروفة لدى ليبنز ، تؤكد ، في حال وجود p أول، العدد 1+! (p−1) هو مضاعف لـ p (وقد بين لاغرانج هذا المقترح سنة 1771) .

وأثارت نظرية البقايا التربيعية أيضاً بحوثاً مهمة عند أولر ولاغرانج ،وأعلن أولر سنة 1772سلسلة من المقترحات تعادل قانون التبادل التربيعي الذي صاغه ليجندر نهائياً سنة 1785 وبينه غوس بدقة لأول مرة سنة 1796 . ولكن اعمال ليجندر المهمة والعمل العبقري الذي قام به غوس فتحا بالواقع مرحلة جديدة في تطور نظرية الاعداد ، وهي مرحلة ترتبط بصورة أساسية بالقرن التاسع عشر والتي ستدرس في المجلد اللاحق .

5 ـ الاحتمالات والاحصاءات

حساب الاحتمالات : عند تأسيس حساب الاحتمالات بين 1654 و 1657 من قبال باسكال

Pascal ، وفرمات وهويجن Huygens بدا هـذا الحساب بصـورة أساسية كتطبيق للتحليل التوافيقي لدراسة العاب الحظ. وإذا كان النصف الثاني من القرن السابع عشر لم يقدم إلا القليل من العناصر الجديدة ، فبالمقابل عملت الانجازات العديدة الأصلية التي نشرت في مطلع القرن الشامن عشر على تحديد الشخصية الحقيقية لهذا العلم الجديد ، و حددت له عناصره وتطبيقاته العملية الأولى .

وكانت المساهمة الأولى النظرية للقرن الثامن عشر هي « محاولة تحليل » حـول العاب الحظ » ، وضعها ب. دي مونت مور P . R . de Montmort ، (باريس 1708) الـذي قدم العـديد من الايضاحات النظرية ، ومنها تحليل اكثر عمقاً لموضوع المراهنات . في سنة 1713 ظهر في بال كتاب بعد وفاة مؤلفه جاك برنولي اسمه « الفن الاحتمالي » ARS conjectandi الذي تضمن مع اعادة طبع له مفسر تحت اسم « راسيوسيني . . . » لهويجن Huygens ، فضلاً عن كتاب تحليل توافيقي، يتضمن مداخلات كثيرة مهمة في كل مجالات نظرية الاحتمالات .

ونجد فيه بشكل خاص قاعدة برنولي الشهيرة ، او قانون الاعداد الكبـرى ، والمتعلقة بتكـرار عدد كبير من التجارب المماثلة . هذه النظرية التي اعطاها لابلاس شكلها النهائي ، والتي تولى تحقيقها تجريبياً بوفون Buffon ، وبواسونPoisson ، كشفت بصورة تدريجية عن اهميتها الاستثنائية في مجال التطبيق . والأعمال التي قام بها ،بشأنها موافر وستيرلنغ Stirling ، ومكلورين Maclaurin ، واولر Euler اتاحت الحصول على العديد والمهم من النتائج التحليلية ، مثل صيغة التقريب المسماة صيغة ستيرلنغ : $s\,! = s^s e^{-s} \sqrt{2\pi s}\,(1+\varepsilon)$، التي اكتشفها موافر وستيرلنغ سنة 1730 . نشير ايضاً إلى المدخل الذي وضعه جاك برنولي بمناسبة جمع الاسات P^c للاعداد الصحيحة الأولى وللاعداد المسماة اعداد برنولي .

وتصور ابراهام موافر ، Abraham de Moivre ، وهو بروتستنتي فرنسي لجأ إلى لندن عملاً اكـثر اسمية . وفي العـديد من المـذكرات ، وبخـاصة في (نـظرية الحـظوظ) : او طريقـة في حساب الاحتمـالات في اللعب (لندن 1718 ، ط 2 ، 1738) ، وفي كتـابه « اقسـاط الحيـاة » 1725 ، وفي تحليلات مختلفة 1730 اوضح موافر مبادىء حساب الاحتمالات وطور العديد من المسائل التطبيقية . وعلى هذا اعلن قاعدة الاحتمالات المركبة ، وشرع في استعمـال المعادلات ذات الفـروقات المتنـاهية والتي سوف تتعمم خلال القرن .

وفي سنة 1738 باشر دانيال برنولي بدراسة مسألة كان نيكولا برنولي قد طرحها سنة 1713 . وأصبحت مشهورة تحت اسم « مغالطة سان بطرس برج » .

هذه المسألة يمكن ان تعرض على الشكل التالي . A و B يلعبان بـالطره والنقشـة المحكومـة بالقاعدة التالية ، إذا جاءت النقشة في الضربةا لأولى يعطى A لـ B فرنكاً واحداً . . . وإذا جاءت النقشة في الضربة n يعطي A لـ B 2^{n-1} فرنك . ما هي امال B رياضياً بالربح ؟

ودل تطبيق آني لمبادىء حساب الاحتمالات ان امل B رياضياً يجب ان يكون غير محدود ، وهذا

امر غير مقبول ولا يمكن افتراضه . ومن اجل محاولة حل المسألة بشكل يلائم الحس السليم ، ابتكر دانيال برنولي نظرية جديدة مبنية على اسس سيكولوجية متينة نوعاً ما.لقاء القيمة المادية المطلقة لربح مالي ، قدم القيمة الأدبية التي ، تطابق المكاسب الفعلية التي يمكن الحصول عليها ، هذه القيمة الأدبية تتعلق بآن واحد بالمبلغ المادي ، وبالثروة المسبقة لمن يتلقى هذا المبلغ . ومع ذلك فقلما طبقت هذه النظرية رغم ان لابلاس قد تبناها .

لقد وضعت مسألة تحديد احتمالية الأحداث بالمفاعيل الملحوظة ، ضمن مذكرة صدرت بعد وفاة مؤلفها الانكليزي توماس بايس Thomas bayes (1763) . وتولاها فيها بعد لابلاس في مذكرة سنة 1774 ذكر فيها بشكل نهائي قاعدة بايس Bayes واستخرج منها العديد من التطبيقات . ومزجت هذه القاعدة بالقواعد المتعلقة بالاحتمالية الشاملة والاحتمالية المركبة، فأتاحت لـ لابلاس ولـ كوندورسيه Condorcet، تقدير احتمالية العديد من الاحداث بالاستناد إلى نتائج الملاحظات السابقة .

وظهر التدخل الأول للمتغير المتتالي ، في مسائل الاحتمالات ، في قضية عالجها بوفون Buffon ، سنة 1733 وعاد إليها سنة 1777 بشكل اشتهر بمسألة الابرة (الحساب الاخلاقي : ملحق بالكتاب 4 من التاريخ الطبيعي) . هذا المثل الأول من الاحتمالية الجيومترية يدل على ادخال العد التكاملي في مسائل الاحتمالات . وفي سنة 1760 أكد دانيال برنولي بشكل باهر قوة المناهج اللامتناهية التي عمم لاغرانج ولابلاس وغوس استعمالها .

ومن التطبيقات العملية الأكثر اهمية في حساب الاحتمالات ، البحث في التركيبة الأكثر جدوى، تركيبة النتائج التي تقدمها سلسلة من القياسات، وقد عالجها، ر. كوت R. Cotes (1722) الذي زود مختلف الملاحظات باوزان مختلفة ، في حين اوصى كل من سمبسون ولاغرانج ولابلاس باختيار المتوسط الحسابي . وكان قانون المربعات الأقل ، الذي صاغه ليجندر سنة 1806 ، قد اثبت سنة 1809 من قبل غوس الذي انشأ نظرية حقة حول اخطاء الملاحظة ثم اعلن القانون الشهير الذي حمل اسمه .

بعض التطبيقات : عرفت نظرية الاحصاءات في القرن 18 تطوراً سريعاً . وبعد 1570 اهتم كاردان Cardan بالاحصاءات المتعلقة بمدة الحياة البشرية . في سنة 1662 ، نشر جون غرونت John Graunt جداول وفيات نظمت سنداً لسجلات الوفيات الممسوكة في لندن منذ 1592 . واهتم هويجن Huygens (1669) ، وجان ويت Jean Witt (1671) ايضاً بهذه المسألة . ونشرت اولى الجداول الموسعة سنة 1693 ، من ادمون هالي Edmund Halley ، الذي درس تطبيقها على مسألة التأمينات على الحياة . وفي حين شوهد ، في القرن 18 ، نمُوّ سريعٌ ، ـ وخاصة في انكلترا ـ في مجال التأمينات على الحياة والتأمينات البحرية ، اتاحت الاكتشافات الجديدة النظرية ، وبصورة خاصة توضيح وتطبيق قانون الاعداد الكبرى ـ اتاحت تحليلاً معمقاً لهذه التطبيقات ؛ نذكر بهذا الشأن « اقساط التأمين على الحياة » (1725) لموافر ثم « تجربة حول احتمالات الحياة البشرية » —(1746-

(1760) لـ ا . ديبارسيو A .Deparcieux . في النصف الثاني من القرن ، تقدمت الدراسات الديمغرافية بفضل اولر ولابلاس الخ . وخاصة بفضل كوندورسيه Condorcet ، واهتم هذا الأخير ايضاً بمسائل الحساب السياسي : تحديد اساليب الانتخاب الاكثر عدالة . تأثير تأليف لجان المحلفين على قرارات العدالة ، الخ . . (تجربة حول تطبيق تحليل احتمالات القرارات المتخذة بأكثرية الاصوات ، باريس 1785) ، مسائل دقيقة للغاية قام لابلاس بتوسيعها بدوره في كتابه « تجربة فلسفية » . ورغم سبقها لأوانها ، بفعل عدم كفاية الوسائل النظرية المتاحة له وبفعل جزئية خطأ استنتاجاته ، تستحق محاولة كوندورسيه Condorcet ، لتشكيل رياضيات سياسية واجتماعية دراسة اكثر تعمقاً من الدراسة التي خصصت لها : اذ تبدو ، من بعض النواحي كما لو كانت تعلن عن البحوث الحديثة حول البحث العملياتي وحول « نظرية اللعب » .

نشير أيضاً في مجال مجاور إلى النقاش الذي حصل فيما بين 1760و1769 بين دالمبير ودانيال برنولي حول مسألة طبية كانت يومئذ شائعة ذائعة ، وهي مسألة جدوى التطعيم (1) . رغم ان هذا النقاش لم يؤد إلى قرارات حاسمة ، فيما خص المسألة المدروسة ، إلا انه ادى على الأقل إلى إظهار جدوى ومصاعب التحليل عن طريق احصاء بعض المسائل البيولوجية والطبية .

عمل لابلاس Laplace : في سلسلة من المذكرات نشرت بين 1771و 1818 نسقت نتائجها ضمن « النظرية التحليلية للاحتمالات (باريس 1812) ، قدم لابلاس مساهمات مهمة سواء فيما يتعلق بمبادىء ومناهج حساب الاحتمالات ام في مختلف تطبيقاتها . فنص وتبيين كل نظرية ، وحل وتطبيق كل مسألة كلاسيكية عرضت فيها وقدمت ضمن تركيب يتوج كل انتاج القرن في هذا المجال . فالأسس السيكولوجية لحساب الاحتمالات معروضة بشكل واضح جلي ، في حين ان نظرية جديدة ، هي نظرية الدالات المولدة ، تستخدم كأساس لكل العرض النظري . وارتأى لابلاس ايضاً تطبيق العلم الجديد على المسائل الديمغرافية ، وعلى بعض المسائل الحقوقية ، وعلى بعض المسائل العلمية المتنوعة جداً ، مثل شرح التفاوت في تحركات الكواكب ، والانحدار الأوسط في المدارات الكوكبية ، وتوزيع الكواكب فوق الكرة السماوية ، ونظرية الأخطاء الخ . . وفي كتابه « تجربة فلسفية حول الاحتمالات »(باريس 1814) المعاد طبعه كثيراً ، يقدم لابلاس عرضاً اولياً هذا الكتاب . واقفل هذان الكتابان ، بشكل فخم ، هذه الحقبة ، حيث أصبح حساب الاحتمالات يشكل علماً مستقلاً .

III ـ تجديد الدراسات الجيومترية

كما ان انشاء الجيومترية التحليلية ادى إلى التخلي شبه الكامل عن بحوث الجيومترية الخالصة ، كذلك عمل نجاح الحساب الجديد على توجيه الرياضيين نحو دراسات ذات منحى تحليلي .

في حين أن الجيومتريا، ظلت قطاعاً تطبيقياً متميزاً، إلا أن الجيومتريا اللامتناهية ومرتكزها

(1) راجع بهذا الخصوص دراسة في الكتاب 3 ، الفصل 3 من هذا القسم .

الجيومتريا التحليلية ، أصبحتا موضوع العديد من الأعمال . في العقود الأخيرة من القرن ، وبتأثير من غاسبار مونج Gaspard Monge ، حصل تجديد غير متوقع في الجيومتريا الخالصة ، تجديد سوف يغير في مناخ مجمل البحوث الرياضية ، وامتد حتى القرن التالي .

1 ـ الجيومتريا الكلاسيكية

تطور الكتب المدرسية : ان توسيع تعليم الرياضيات خلال القرن 18 ادى إلى نشر العديد من الكتب المدرسية الجيومترية ، والتي قدم بعضها عناصر تجديد لا تنكر . في انكلترا ، في حين استمرت ترجمة عناصر اقليدس Euclide ، بقلم بارو Barrow (1655) تطبع وتعاد طباعتها حتى سنة 1751 ، عرفت ترجمات اخرى نجاحاً حياً ، ومنها ترجمات ج . كيل J.Keil (1708) ور . سيمسون R . Simson (1756 ، حوالى 30 طبعة) واقتباس ج . بليفير J . Playfair (1795) . وفي البلدان الأخرى الغربية ، تخلت غالبية الكتب المدرسية التعليمية عن الدقة وعن الشكلية الاقليدسية ، لكي تعتمد عرضاً اكثر تحديداً ، وافضل ملاءمة للاهتمامات التربوية . وفي حين ارتدى التعليم في المانيا صفة عملية خالصة ، كانت الكتب المخصصة للمطبقين ، في فرنسا ، مثل كتاب س . لكلرك S.Leclerc ، تنافس كتباً اخرى كانت ، بحسب المثل الذي قدمه راموس (1569) Ramus وانطوان آرنولد Antoine Arnauld (1667) ، تحاول عرض مبادىء الجيومترية بشكل طبيعي اكثر من اقليدس . ولم يأنف كليرو Clairaut من نشر « العناصر الجيومترية » (باريس 1741) ، حاول فيه ، وهو يرفض كل دقة شاقة ، وبعد اللجوء إلى الحدس ، ان يعود إلى طريق الاكتشاف . وساعد نجاح الافكار الموسوعية وحساسية كوندياك على نجاح هذه الطريقة الجديدة ، التي لاقت ، مع ذلك ، معارضة واضحة ، في آخر القرن . هذه العودة إلى الدقة برزت من خلال كتابين اثرت طبعاتها العديدة وترجماتها بشكل دائم في تعليم الجيومتريا في العديد من البلدان وهما : عناصر الجيومتريا لـ « ليجندر » (ط 1 ، باريس 1794) و« العناصر » لـ س . ف . لاكروا S . F . Lacroix (ط 1 باريس 1799) .

الفحص الانتقادي لبديهية المتوازيات : في هذه الأثناء ، وعلى مستوى اعلى ، جهد بعض المؤلفين ، في تحسين دقة العمل الاقليدسي ، وبصورة خاصة ، إزالة الغموض الذي يحيط بالبديهية الخامسة الشهيرة ، حول المتوازيات .

في سنة 1693 ، ترجم ج . واليس J. Wallis رسالة نصير الدين الطوسي Nasir al-din al-Tusi (القرن 13) حول البديهية الخامسة ، وبين ان هذه البديهية تعني القول بأن كل صورة لها صورة مشابهة ذات أبعاد كيفية ، وفي سنة 1733 ، حقق كتاب « اقليدس منظف من كل عيب » لليسوعي الايطالي جيرو لامو ساكيري Girolamo Saccherie ، تقدماً أوضح في فهم الطبيعة والدور الأساسي لهذه البديهية في بنيان العمارة الجيومترية .

وإن كان ساكيري قد انتهى أخيراً إلى صحة البديهية ، إلا أنه كان أول مؤلف يجرؤ على مواجهة دحْضها ، وإلى استخلاص العديد من النتائج من هذه الفرضية . ورغم الأخطاء الموجودة في هذا المؤلف ، فإنه يبشر بتكوين بناءات منطقية مستقلة عن البديهية الخامسة . إلا أن قلة انتشاره لم تتح له التأثير في الأعمال اللاحقة .

وفي كتاب له ، نشر بعد موته (نظرية المتوازيات 1786) يتساءل ج . هـ لامبير بدوره حول صحة البديهية المشهورة ، وبيّن أن الجيومتريا الكروية ، والجيومتريا حول كرة خيالية ، تتيحان تصور نتائج دحضها ونفيها . في سنة 1795 عمم ج بليفير J. Playfair ، مستعيداً فكرة لبروكلوس Proclus ، صيغة جديدة للبديهية ، أصبحت الآن كلاسيكية ، في حين أوضح ليجندر ، في مختلف طبعات « عناصره » أوجهاً مختلفة لنظرية المتوازيات ، رابطاً بصورة خاصة صحة البديهية بكون مجموع زوايا المثلث الداخلية تساوي 180 درجة . ولكن جدوى هذه البحوث سوف تنكسف سَريعاً بأعمال مبدعي الجيومتريات غير الإقليدية : غوس ولوبا تشيفسكي Lobatschevski وبوليا Bolyai الذين سندرسهم في المجلد اللاحق .

البعد و الرسم المنظوري Perspective ـ وهناك ثورة أخرى في مجال الجيومتريا حصلت في القرن 18 : وهي حصول تحولات جيومترية أدت ، في القرن اللاحق ، إلى خلق الجيومتريا الحديثة .

تقنية تعود أصولها الى ما قبل التاريخ ، هذه الرؤية قلّما درست ضمن مظهرها الجيومتري الأساسي إلا إنطلاقاً من القرن 15 ، حين جمع مختلف الفنانين الإيطاليين ، لورنزو جبرتي Lorenzo Ghiberti وفيليبو برونلش Filippo Brunelleschi ، وليو باتيستا البرتي Leo Battista Alberti ، وبيرو دلا فرانسيسكا Piero della Francesca ، وليونار دا فينشي Léonard de Vinci ، وبنڤنيتو سيليني Benvenutio Cillini ، العناصر الأولى لنظرية حول البعد ، ليستخرج منها طريقة تصويرية graphique بسيطة وعقلانية . في سنة 1505 عرض جان بليرين Jean Pélerin بوضوح أسلوب نقطة الهرب . ونشر العديد من كتب المعالجات الأخرى في القرن 16 من قبل : دورر (1525) ومن قبل إيطاليين آخرين : كوماندينو Commandino (1558) ، د. بارباور D. Barbaro (1559) ، جاكوبو باروزي وي دانتي Jacopo Barozzi et E. Danti (1582) ، وغيدو بالدو دل مونتي Guido baldo del Monte (1600) الخ .

وفي القرن 17 انتقل « البعد » إلى البلدان المنخفضة مع ستيفن Stevin (1605) وسالومون دي كوس Salomon de Caus (1612) ومع فر . ديغويون Fr. d'Aiguillon (1613) ومارولوا Marolois (1614) ثم إلى فرنسا ، حيث صدرت فورة من الكتب حول البعد ، أغلبها موجه ، نحو التطبيقات العملية : ج . ل ڤوليزارد J. L. Vaulezard (1631) وج . آلوم J. Aleaume (1643) ، وج . دوبريل J. Dubreuil (3 مجلدات 1642-1649) ، وآ. بوس A. Bosse (مجلدان 1648 ـ 1653) ، الخ . وأول كاتب فهم بوضوح دور البعد ، بإعتباره إسقاطاً مركزياً ،

وما يمكن أن يلعبه في الجيومتريا هو جيرار ديزارغ الـذي وضع في « مسـودة المشروع » (1639) أسس الجيومتريا الإسقاطية في المخروطات[1] . وحاول أيضاً أن ينشر في عالم الممارسين طـرق بعدٍ أكثر دقة . ولكن رغم تأييد التلامذة : بوس ، باسكـال وفيـ . دي لاهير Boss, Pascal et Ph. de la Hire ، لم تلاق محاولـة ديزارغ Desargues إلا القليـل من الصدى . وفي إنكلترا ، لم يبـدُ التجدد الجيـومتري الذي بعثه نيوتن وكأنه قد امتد إلى التطبيقات .

إلا أن القرن 18 شاهد عديـداً من الريـاضيين يهتمـون بحماس بمبـادىء البعد ، وينشرون كتبـاً ممتـازة : غرافسـانـد Gravesande (1711) ، وبـروك تـايلور (1716 ـ 1719) وج . هـ لامبـير (1759 ـ 1774) . وهذا المؤلف الأخير ، الدائم والعميق الأصالة ، استطاع أن يسيـطر على مجمـل الأسس الجيومترية للرسم المنظوري والتقنيات البيانيـة القريبـة . وأنه في بـداية القـرن 19 فقط أخذت الطرق البيانية تعود إلى الظهور في مجال الجيومتريا الإسقاطية . هذا التجدد هـو النتيجة المبـاشرة للجهد الـذي بذلـه غاسبـار مونـج Gaspard Monge (1746 ـ 1818) لكي يعيـد إحيـاء مختلف فروع الجيومتريا ، وبصورة خاصة ، نشر طرق الجيومتريا الوصفية .

نهضة الجيومتريا الوصفية ـ هذا الفرع الأخير من الجيومتريا ليس خلقاً إبتداعاً من مونـج . إذ نجـد أمثلة استخدام طـريقة الإسقـاط المزدوج في « اندرويسنغ » لـدورر (1525) ثم في كتب « فن تـقـطيـع الأحجـار = (Stéreotomie) لـفـرزيـه Frézier (3 مجـلدات 1737-1739؛ مجـلدان 1760) . ولكن أي مؤلف قبل مونج ، لم يعرف كيف يوضح مبادىء هذه التقنية ، وتطوير طرقهـا ، ثم تعيين كل تطبيقاتها المثمرة ، سواء في مجال التقنيات أم في مجال الجيومتريا الخالصة وحتى في الجيومتريا اللامتناهية . وإذا كان مونج قد علم الجيومتريا الوصفية منذ ما قبل 1770 لتلامذة مدرسة الهندسة في ميزيير واستخدمها في عدة مذكرات لاحقة إلا أنه لم يقدم عنها عرضاً إجمالياً إلا في كتابه « جيومتريا وصفية » (باريس 1799) الذي أورد نصوص دروسه إلى تلامذة مدرسـة دار المعلمين سنـة 1795 . وأصبح هذا الفرع الجديد للجيومتريا كـلاسيكياً في الحـال . ونشره تلامـذة مونـج بسرعة فـائقة ، مـع إعطائه أحياناً صفة خصوصية ربما كان الجيومـتري الكبير يـرفضها . وبهـذا الشأن ، ليست الجيـومتريـا الوصفية بالنسبة إلى مونج إلا مظهراً من مظاهر نظرية الإسقاطات ، وأداة مزدوجة الفعالية ، أهميتها في مجال التقنيات البيـانية ، لا تنسي الجـدوى الجيومـترية الخـالصة . وإذا كـان مونـج لم يطور في مؤلفـاته النظرية العامة للإسقاطات ، فإنه على الأقـل قد وضـع لها الأسس في تعليمـه الشفوي . ولهـذا سوف يقوم تلامذته المباشرون بالدراسة المنهجية للإسقاطات في الجيومتريا .

إنجازات متنوعة ـ هناك مسـاهمات أخـرى للقرن 18 ، وإن تكن مـوزعة ومشتقـة ، تستحق الإشارة إليها . فالإبتكارات الجيومترية المستحدثة فقط بواسطة البركار ، والتي سبق ودرسها ج . موهر G. Mohr سنة 1672 ، نظر بها ، بشكل مستقل ل . ماشيروني L. Mascheroni الذي ترجم كتابه

(1) راجع أعلاه الكتاب 1 ، الفصل 1 من هذا القسم .

« جيومتريا البركار » (باقي 1797) إلى الفرنسية بعد 1798 بدعم حماسي من بونابرت Bonaparte . أما المبتكرات بواسطة المسطرة والدائرة ذات الشعاع الثابت ، التي سبق ونظر بها موهر Mohr سنة 1672 ، فقد درسها سنة 1774 لامبير . وقد عرفت نجاحاً واسعاً في مطلع القرن اللاحق . وكذلك نظرية المستقيمات المستعرضة ، التي ساهم فيها ج . سيفا G. Ceva سنة 1678 مساهمة شهيرة سوف تكون موضوع بعض الدراسات قبل أن ينظر فيها بشكل أعم من قبل لازار كارنو Lazare Carnot سنة 1806 . نشير أيضاً إلى أعمال متنوعة حول جيومترية المثلث (أولر ، ولاس ، الخ) ، حول مواضيع بنائية ، مثل المسائل الشهيرة التي وضعها كاستيلون Castillon ومالغاتي Malgatti . ونذكر أيضاً إعادة اكتشاف العلاقة التي سبق وعرفها ديكارت والتي تربط عدد الوجوه والذروات وحفافي متعدد الأوجه المحدد ، وذلك في سنة 1752 .

وبتأثير مستمر من نيوتن ، اهتمت المدرسة البريطانية كثيراً بالجيومتريا الكلاسيكية . ونيوتن وإن لم يخصص دراسة شاملة للهندسة الخالصة ، إلا أنه استخدمها إستخداماً واسعاً في أعماله : من ذلك أن كتابه «المبادىء» يحتوي سلسلة مهمة من القواعد حول تولد المخروطات ؛ نذكر أيضاً توليده عن طريق الرسم المنظوري لمختلف أنواع المكعبات إنطلاقاً من خمسة أنماط من البارابولات المتباعدة . والدراسة الحديثة ، وكذلك النشر الجاري حالياً لمخطوطات رياضية تنسب إلى نيوتن ، من قبل د . ت . ويتسايد D. T. Whiteside ، تدل على أهمية البحوث التي أجراها مؤلف كتاب المبادىء ، في مجال الجيومتريا الخالصة ، وبصورة خاصة الجيومتريا الإسقاطية .

ويؤدي تحليل هذه النصوص إلى إعتبار نيوتن كواحد من أعاظم ممثلي المدرسة الإسقاطية في القرن السابع عشر . ولتوضيح موقفه لا بد من إيضاح تبعيته المحتملة تجاه ديزارغ وبسكال وف . دو لاهير ، ثم تقييم التأثير الذي أحدثته ، بشكل مباشر ، على تطوير الفكر الجيومتري البريطاني ، أعماله التي بقيت بشكل مخطوطات .

وعلى كل ومع الإكتفاء بتأثير منشورات نيوتن ، يجب القول أن عدة قواعد وضعها ، عممت من قبل كوت أو ماكلورين . وقد عرض هذا الأخير في كتابه جيومتريا أورغانيكا 1720 ، نظرية جديدة في وصف المخروطات كما قام بدراسة بعض المنحنيات ذات الدرجة العالية (مثل المنحنى اللبلابي ، الستروفوييد ، متساوية الأبعاد) . وعمم أيضاً القاعدة الشهيرة المتعلقة بالهكاغرام المستور لباسكال ، في حين أن تلميذه م . ستيوارت M. Stewart نشر العديد من القواعد الجديدة التي يتعلق بعضها بنظرية المعترضات .

هذه النتائج المختلفة ، الحاصلة بدون خطة شاملة ، وجدت كل معانيها فقط في القرن التاسع عشر ، وذلك بمناسبة إقامة الجيومتريا الحديثة . إلا أنها ـ أي هذه النتائج ، وعلى موازاة الجهد الأكثر منهجية الذي بذله مونج ـ تدل على تجدد أكيد للإهتمام بمسائل الجيومتريا الخالصة .

2 ـ الجيو متريا التحليلية

في بداية القرن الثامن عشر كانت الجيومتريا التحليلية ما تزال تحت تأثير واضح من أفكار ديكارت . فقد تصور هذا الأخير ، هذا العلم وكأنه تطبيق للجبر على الجيومتريا ، ـ إسمٌ احتفظت به الجيومتريا حتى مطلع القرن التاسع عشر ـ أي كتقنية ذات بنية جبرية متكيفة مع حل المسائل ذات الجوهر الجيومتري ، المسائل التي لا تدخل في الحقل العادي التطبيقي للخصائص الكلاسيكية المستمدة من كتاب العناصر لإقليدس .

فالمنحنيات لم تدرس لذاتها ، سنداً لمعادلاتها ، والإهتمام أنصب تقريباً على المعادلات التي بدت كحلول لمسائل جيومترية ، وفي هذا فهم يؤدي عملياً إلى إستبعاد العناصر من الدرجة الأولى مثل المستقيمات والمسطحات ، بإعتبارها مرتبطة مباشرة بتحليلات الجيومتريا الخالصة .

فضلاً عن ذلك لم تكن الجيومتريا التحليلية الفضائية موضوع أية دراسة ، وإستعمال محور وحيد ، على السطح ، يدخل تفارقاً (dissymétrie) مصطنعاً بين الاحداثيين . وبفضل الدراسة المنهجية للمنحنيات السطحية ، عن طريق تفحص المسائل ذات الأبعاد الثلاثة ، وبعد ترتيب المبادىء الأساسية ، حقق القرن الثامن عشر الإنتقال من تطبيق الجبر على الجيومتريا ، إلى الجيومتريا التحليلية الحديثة .

نظرية المنحنيات السطحية . ـ في حين استعمل نيوتن في كتابه : ارتيمتيكا اونيفرساليس (حرره حوالي 1684 ونشر سنة 1707) ، إستعمالاً منهجياً للاحداثيات السلبية ، وأدخل طريقة الأسات غير المحددة ، وذلك في كتابه « التعداد » . . . (كتبه سنة 1695 ونشره سنة 1704 كملحق في كتابه البصريات) ، واستخدم الطرق التحليلية في دراسة المكعبات .

وقسم هذه المنحنيات إلى 72 نوعاً ـ والستة الأخرى سوف يكتشفها شارحوه ـ وورع الأنواع إلى أصناف وإلى طبقات . وأوضح أن كل هذه المنحنيات يمكن أن تنشأ ضمن الرسم المنظوري ، إنطلاقاً من خمسة منها . وأكمل نيوتن أيضاً طرق تحديد المماسات ذات الفروع اللامتناهية وكذلك طرق تحديد المنحنى ، وأدخل دراسة المنحنى المجاور لنقطه ، بواسطة تجذير تسلسلي للأسات . وقام العديد من تلامذته ، ومن بينهم ستيرلنغ Stirling وماكلورين Maclaurin باستكمال هذه الدراسة للمكعبات ، في حين قام ديونيس سيجور Dionis ، وغودين Goudin ، وورنغ Waring ، وف. ريكاتي V. Riccati ، وسالاديني Saladini بدراسة تحليلية للمنحنيات ذات الدرجة العالية .

والعمل الأكثر بروزاً في هذا المجال هو المدخل إلى تحليل الخطوط المنحنية الجبرية (جنيف 1750) لكاتبه غبريل كرامر Gabriel Cramer الذي صنف المنحنيات السطحية بحسب درجة معادلتها ، وركز إهتمامه الخاص على الفروع اللامتناهية وعلى النقط المفردة . وأثبت كرامر الذي تجنب اللجوء إلى موارد الحساب التكاملي ، أن منحنياً من الدرجة n يتحدد عموماً بإعطاء $(n/2)(n + 3)$ نقطة ، ولكنه أشار إلى حالات الإستثناء .

وقدم كتاب أولر (مدخل إلى التحليل اللامتناهي) ، أيضاً مساهمة مهمة في نظرية المنحنيات السطحية . وأكد أولر في كتابه على تعادل محوري الإحداثيات ، وهذا المبدأ لم يطبقه أولر إلا بصورة جزئية . وأتاحت له دراسة مسبقة حول تغييرات الإحداثيات أن يصل إلى معادلة مخروط ذي قطرين متزاوجين ، وإلى قطرين رئيسين ، وهذا أسلوب مكنه من تصنيف حديث ومن دراسة مفصلة لهذه المنحنيات . والبحث في الفروع اللامتناهية وخطوط التقارب طبق أيضاً في تصنيف المنحنيات من الدرجة 3و4 . وأتت بعد ذلك الدراسة العامة لشكل المنحنيات ، وتفردها وإنحنائها وللعديد من المسائل التطبيقية . وهذا الكتاب ، وإن لم يحقق تجديداً نهائياً في الجيومتريا التحليلية ، إلا أنه سجل على كل حال إنجازات مهمة ، مركزاً بصورة خاصة ، على الدراسة المباشرة للمنحنيات ، معارضاً بذلك وجهة نظر ديكارت .

بدايات الجيومتريا التحليلية الفضائية ـ بدأ تطبيق الجيومتريا التحليلية على دراسة الصور ذات الابعاد الثلاثة والتي نظر فيها ديكارت وفرمات ، ثم من بعدهما ، بشكل ادق ف . لاهير Ph.de 1679 La Hire ، بدأ هذا التطبيق سنة 1700 ، من قبل آ . باران A.Parent الذي اعطى معادلة بعض السطوح ومنها الكرة والايبربولوييد الدائر فوق جزء مغلق من سطح ، واعتبر أن سطوحها متماسة . وقدم أول كتاب شامل مخصص لتوسيع الجيومتريا التحليلية ، وعنوانه « بحوث حول المنحنيات ذات الانحناء المزدوج » (باريس 1731 لمؤلفه آ . ك . كليرو A.C.Clairaut)قدم دراسة منهجية للعديد من أنماط المنحنيات الفضائية والسطوح ، سواء من الناحية الجبرية أم من الناحية اللانهائية ، كما عرض أيضاً هذا الكتاب ، مع العديد من النتائج غير المنشورة من قبل ، طرقاً مفيدة في البحث . وفي سنة 1732 عالج ج . هرمان مسائل متنوعة متعلقة بالسطوح ودرس عدة مساحات وخاصة السطوح التربيعية من الدرجة الثانية التي قدم عنها تصنيفاً ما يزال غير مكتمل .

والفصل الاخير من كتاب المدخل لاولر ينسق بين هذه النتائج المختلفة ويدرس تغييرات المستحدثات في الفضاء ، ويقوم بدراسة تحليلية للسطوح من الدرجة الثانية بالمقارنة مع دراسة مخروطات ويقدم التصنيف الاول الكامل لهذه السطوح .

نشوء الجيومتريا التحليلية العصرية ـ تقدم مذكرة لاغرانج (حول الاهرامات المثلثية 1773) وجهة نظر اكثر حداثة . فقد اراد ان يظهر قوة الطرق التحليلية فقطع كل علاقة ، وبصورة نهائية بالتراث الديكارتي ، مؤكداً على التساوي الكامل للعناصر من الدرجة الأولى ، مستقيمات وسطوح . ونجح هكذا في تبسيط الحسابات وفي تحسين الترقيمات وفي عرض النتائج بشكل تناظري واكثر عمومية .

وفي مذكرات من نفس الحقبة يحل فيها مونج ، بشكل عرضي ، مسائل كلاسيكية متعلقة بالسطوح وبالمستقيمات ، اعتمد وجهة نظر مماثلة . ورمزيته تتلاءم تماماً مع طبيعة القضايا المدروسة . من ذلك انه ركز انتباهه الخاص على الجيومتريا المتعلقة بالمستقيم ، وعلى العائلات المستقيمات ذات

البارامتر الواحد او الاثنين (بارامتر = ثابتة) فادخل بعد 1785 الإحداثيات الشهيرة المحورية للمستقيم، والمسندة الى بلوكر Pluker الذي اعاد اكتشافها سنة 1865 . وفي كتابه« اوراق تحليل » 1795 وهي نصوص لدروس اعطيت في مدرسة بوليتكنيك قدم مونج اول عرض شامل حول الجيومتريا التحليلية الحديثة . هذه الدراسة المقتضبة جداً تتميز بحس حاد للتناظر ، عن طريق استعمال الطرق الأنيقة والمباشرة، بفضل رمزية مكتملة التنظيم . وتضمن كتابه « تطبيق الجبر على الجيومتريا » والمنشور سنة 1802 مع هاشيت Hachette، وبعناية فائقة ، تضمن تحليلاً معمقاً لتغييرات المستحدثات كما تضمن دراسة مفصلة للسطوح من الدرجة الثانية ، تجذر توسّع وتوضح دراسة أولر .

وبعد ذلك اصبحت الجيومتريا التحليلية الابتدائية تعتبر وكأنها قد استكملت خطوطها الكبرى. وكثرة الكتب الحديثة المتداولة، ومنها كتاب لاكروا 1798، والذي ظهر في فرنسا في مطلع القرن التاسع عشر تدلّ على ان التقدم المحقق قد هضم آنياً وبصورة نهائية ، مما فتح الطريق امام تطورات جديدة وامام تطبيقات غنية .

3 ـ تطبيق التحليل على الجيو متريا

البحوث الاولى ـ رغم الحصول على بعض النتائج الجزئية في السابق ، من المؤكد ان نشأة الجيومتريا اللامتناهية هي نتيجة مباشرة لتأسيس التحليل، وهي احدى تطبيقاته .

واذا كان نيوتن وتلامذته قد فضلوا اللجوء الى الطرق الجيومترية التي كانت عند الاقدمين ، ولم يعودوا يهتمون الا بصورة استثنائية بالتطبيقات الجيومترية للتحليل، فان مدرسة ليبنيز بالمقابل، قد حققت بخلال السنوات الاخيرة من القرن 18، في هذا المجال حصاداً غنياً جداً ؛ تحديد اشعة المنحنيات، ونقاط الانكسار، وتحديد الخطوط المطوَّرة والخطوط المطوِّرة ، وغلافات عائلات المستقيمات ذات الثابت ، والمساقط المستقيمة لبعض عائلات المنحنيات ، والخطوط الجيوديزية لبعض السطوح الخ .

الا ان الاهتمام بهذه المواضيع قد خف فيها بعد ليعود من جديد مع « بحوث حول المنحنيات ذات الانحناء المزدوج » لكليرو. وهي بحوث غنية من هذه الزاوية كغنى الجيومتريا التحليلية . ولكن للأسف التفت كليرو ناحية مواضيع اخرى في البحوث ، ولم ينشر، في هذا المجال الا دراسة حول الخطوط الاقصر بين نقطتين(جيوديزيك)فوق سطوح في حالة الدوران .

ولم يهمل اولر، رغم انه محلل قبل كل شيء ، التطبيقات الجيومترية حول الحساب. وفي سنة 1728، باشر بذات الوقت مع جاك برنولي دراسة الخطوط الاقصر (جيوديزيك) وهي منحنيات شرح في سنة 1736 معناها الميكانيكي وجرته دراسته لحساب التغيرات ، سنة 1744 ،الى تعريف المساحات الدنيا (ذات الانحناء الكامل الثابت) ، وقد اعطي عنه المثل الاول ـ وقرر لاغرانج بشأنه معادلة المشتقات الجزئية في سنة 1762 . وباشر اولر موضوعاً جديداً تماماً وهو يدرس، في نقطة M، من مساحة

.معينة S، شعاع الانحناء لمختلف الاقسام المسطحة في S، المارة من هذه النقطة. وانتهى الى صيغة شهيرة تعبر عن هذا الشعاع تبعاً لاشعة انحناء القسمين العاموديين الخاصين او القسمين الرئيسيين. ونشير ايضاً الى دراسته للتمثيل الايزومتري (حيث تكون محاور التقارب متساوية) للسطوح (1770). كما نشير الى دراسته حول المساحات القابلة للتطور حيث يستعمل لأول مرة إحداثيات منحنية فوق سطح .

مونج وتجديد الجيومتريا اللامتناهية ـ رغم القيمة الاكيدة لدراسات اولر الجيومترية فانها تحتفظ بنوع من الجفاف ناتج عن سمتها التحليلية المباشرة . ولم يكن احد يهتم يومئذٍ بالمظهر الجيومتري لهذه المسائل ، عندما قام غسبار مونج سنة 1771 ببحوثه الاولى حول الجيومتريا اللامتناهية . ومن سنة 1771 الى 1807 قدم الجيومتري العظيم نتائج ذات اهمية بالغة ، وجدد بصورة كاملة طرق الدرس في هذا المجال .

كان مونج موهوباً بحس استثنائي حول الواقع الفضائيْ ، كما كان بذات الوقت محللاً ذا قيمة ، والصفة الاساسية في عمله هي الرابط الثابت الذي يبرز فيه ، بين مختلف المظاهر التحليلية والجيومترية والعملية في كل مسألة . هذه الرؤية الشاملة اتاحت له ان يختار في كل مرحلة من مراحل التحليل العقلي الطريقة الاكثر مباشرة والاكثر خصباً ، ثم استحلاب النتائج الاكثر تنوعاً من كل حصيلة .

واول عمل قام به مونج (صيغة اولية نشرت سنة 1769 ، وصيغة نهائية حررت سنة 1771 ونشرت سنة 1785) هو دراسة شاملة للخصائص العامة للمنحنيات الفضائية ، وهي دراسة تتضمن العديد من النتائج المهمة والجديدة المعروضة بشكل انيق : تجذيرات منحنى في الفضاء ، سطح قياسي Rectifiante ، كرة تماسية ، انحناء والتواء الخ . وعاد مونج سنة 1775 ، بعد اولر ، الى دراسة السطوح القابلة للتغير والنشر ، واعطى عنها عرضاً جيومترياً شاملاً ، وتفسيراً تحليلياً مرتكزاً على دراسة المعادلة ذات المشتقات الجزئية $rt - s^2 = o$ ، وتطبيقاً لنظرية الظلال واشباه الظلال . وفي سنة 1776 قدم تلميذه موسنيه Meusnier دراسة جيومترية حول انحناء المساحات تضم القاعدة الشهيرة التي تحمل اسمه ، ودمجاً جيومترياً للمعادلة ذات المشتقات الجزئية للسطوح الدنيا . وبعد ذلك بقليل ، وانطلاقاً من مسألة عملية « تفريغ ودمل » ادخل مونج دراسة عائلات المستقيمات ذات الثابتين (تساوي الشكلين) ثم ، حول انتباهه الى تطابق الخطوط العامودية فحدد خطوط الانحناء في سطح ما ثم عرض خصائصه الاساسية . وبالموازاة درس مختلف عائلات السطوح وعلاقاتها بمعادلاتها ذات المشتقات الجزئية : درجة اولى (الاسطوانات ، والمخروطات الخ) ، درجة ثانية (سطوح قابلة للنشر ، وسطوح منتظمة ذات سطح موجه الخ) ودرجة ثالثة (سطوح منتظمة عامة الخ) .

وجرته طريقته في التكامل الجيومتري الى دراسة اغلفة السطوح ، والمميزات ، الخ ، كما جرته الى ادخال تغييرات تماسية . وبعد 1795 عرض على تلامذة المدرسة البوليتكنيك النتائج الاساسية للعلم الجديد الذي خلقه .

واعيدت طباعة نص دروسه التي نشرت سنة 1795 و1799 تحت عنوان « اوراق تحليل مطبق على الجيومتريا »، بشكل اكمل في كتابه الكبير الكلاسيكي وعنوانه « تطبيق التحليل على الجيومتريا (1807). واستخدم هذا الكتاب كدليل للعديد من الجيومتريين في بداية القرن التاسع عشر.

وهكذا وبفضل الطرق والنتائج الجديدة التي ادخلها مونج ، وبفضل ايضاً الحماس الذي عرف كيف يبعثه في البحوث المتعلقة بهذا المجال، نجح في تجديد المضمون والعقلية في الجيومتريا اللامتناهية ، تجديداً كاملاً . وتأثيره سيكون دائماً ، ومضافاً الى نجاح الجيومتريا الوصفية ، سوف يعطي للبحوث الجيومترية مكانة فقدتها منذ زمن طويل .

الفصل الثاني :
تنظيم الميكانيك الكلاسيكي

لقد غيّر النمو العجيب للمعارف العلمية بخلال القرن السابع عشر ، والوعي المتزايد والدقيق للطريقة التجريبية ، وتطور الاداة الرياضية من القاعدة الثلاثية حتى الحساب التكاملي ، كل ذلك غير بصورة تدريجية سمة الكتابات العلمية التي اخذت تنتظم ضمن مجالات علمية محددة . وعصر الانوار ، الذي نمى هذه المكتسبات ، قد يكون جهل المخاوف الميتافيزيكية عند مبدعي العلم الكلاسيكي ، ولم يأخذ عنهم الا تراثهم الايجابي . ويبدو لنا ، ان هذا الوضع لم يكن بارزاً وواضحاً ، في اي مجال ، كما كان في الميكانيك . وغايتنا ، من خلال هذه الصفحات القليلة ، هي محاولة التثبت من هذا العنصر الرئيسي للفهم . ولكن قبل ان نشرع في الانجازات المميزة للقرن 18 ، يجب اولاً الالتفات الى نقل رسالة القرن 17 .

I ـ انتشار النيوتنية

ردة فعل انصار نيوتن ـ في انكلترا بالذات لم ينتشر نظام نيوتن الا ببطء . ودروس نيوتن المختصرة في كمبريدج كانت قلما تتبع ، لانها كانت شاقة صعبة ، هذا اذا صدقنا ويستون Whiston الذي خلف نيوتن في كرسيه . وكان « كتاب الفيزياء » لروهولت Rohault ، وقد ترجم الى اللاتينية ثم الى الانكليزية ، قد شكل اساس التعليم . ولقد كان صمويل كلارك Samuel Clarke قد ارفق بالطبعة الانكليزية سنة 1723 لنص روهولت ، بشروحات كانت اما مقتطفات من نيوتن ، او تأويلات تشكل في اغلب الاحيان دحضاً حقاً له .

وهكذا استمرت فلسفة نيوتن في طريقها الى كمبريدج تحت حماية الديكارتي .

وكان انصار نيوتن قد نقموا من انغلاق القارة في وجههم فقرروا الهجوم المعاكس : واخذت مقدمة روجر كوت Roger Cotes للطبعة الثانية من « المبادىء » (1713) على الديكارتيين انهم لجأوا بأنفسهم الى الصفات الخفية التي هاجموها ، وذلك بواسطة الاعاصير المتكونة من مادة مصنوعة على هواهم ، ولا تقع تحت رقابة اي حس . ولكن النيوتنين نقلوا المعركة بصورة اساسية الى الحقل

التيولوجي فقد اتهموا الديكارتيين انهم وقعوا في الالحاد الأكثر حقارة وذلك عندما أنكروا التدخل الثابت للارادة الإلهية في ظاهرات الطبيعة .

وقد تصدى لهذا الهجوم ليبنز : وكان النزاع الشهير الذي قام بينه وبين صموئيل كلارك والذي استمر حتى وفاة ليبنز . وكان الاخير يتسلى بالهزء من التيولوجيا النيوتنية، وخاصة من إرادة جعل الفضاء المطلق عالم الحس Sensorium عند الله . وأدى ذلك الى تأخير انتشار النيوتنية .

بروز النيوتنية فوق القارة - في سنة 1730 كان هناك من انصار نيوتن في هولندا (ومنهم غرافساند Gravesande وموشن بروك Musschenbrock)، ولكن لم يكن منهم احد في فرنسا حتى ذلك الحين ، ويعود الفضل الى موبرتوي Maupertuis انه ادخل النيوتنية الى اكادمية العلوم . فلنستمع اليه :

« كان لا بد من مرور نصف قرن لتتآلف اكادميات القارة مع الجاذبية . لقد بقيت هذه الجاذبية محبوسة في جزيرتها . وان هي اجتازت البحر فلم تكن الا صورة عن وحش سبق وقضي عليه . وكان الناس فرحين كثيراً انهم ابعدوا عن الفلسفة الصفات الخفية ، فقد كانوا يخشون من عودتها كثيراً ، وان كل ما كان يظن انه ذو علاقة بها او يشبهها اقل الشبه كان مفزعاً . وكان الناس مأخوذين بانهم ادخلوا في تفسير الطبيعة نوعاً من الميكانيكية حتى انهم رفضوا دون الاستماع الى الميكانيكية الحقة التي جاءت تعرض عليهم ».

وشرع موبرتوي يحلل منطقياً المبادىء الديكارتية وبين ان هذه المبادىء لا يمكن ان تستنفد الواقع الفيزيائي ، وبالتالي فان الخطر الميتافيزيكي المقرر ضد الجاذبية ليس له ما يبرره : ولا يوجد علاقة ضرورية بين الفضاء الواسع والانغلاقية . والجاذبية ليست بصورة مسبقة ، أقل قابلية للقبول من الدفع . وحتى عندما تعتبر الجاذبية كصفة ملازمة للمادة (وهذا ما رفض نيوتن القول به) ، فانها من الناحية الميتافيزيكية ليست مستحيلة ولا تقوم على التناقض . وعندئذٍ يكون من الافضل عدم اعتبار التدخل المحتمل للجاذبية الا كمجرد مسألة واقعية .

وكان لموبرتوي تلميذ بارز في شخص فولتير Voltaire ، حيث صرح عن نفسه بانه نيوتني في رسائله الفلسفية لسنة 1734 ، وكتب في سنة 1738 « عناصر فلسفة نيوتن » وهو كتاب تبسيطي قصد به طمأنة قرائه « انهم يحترمون نيوتن ». ويعود الى فولتير ايضاً وضع مقدمة الترجمة الفرنسية لكتاب « المبادىء» ترجمة قامت بها المركيز دي شاتليه Châtelet بالتعاون مع كليرو . في هذه المقدمة يهاجم فولتير كل الجيل الذي شاخ ، في اضاليل ديكارت ورفض انوار نيوتن . وهكذا احتاجت النيوتنية لتدخل الى القارة الى حوالي خمسين سنة . وبهذا الشأن تكون المعركة الكبرى من اجل البحث عن الحقيقة التي وسمت القرن السابع عشر بطابعها لم تكتمل الا في 1738 . واخذ العلم الانكليزي يتلاشى كانما انهكه ثقل العمل العظيم ، عمل نيوتن . وانتقل المشعل الى القارة التي رفضته لمدة طويلة .

II ـ الميكانيك العقلاني

اولر وميكانيك النقطة. ـ في سنة 1736قدم اولر اول كتاب بحث فيه ميكانيك النقطة المادية وعرضه كعلم عقلاني (analytice exposita). وقد اخذ اولر فكرة القوة عن علم الستاتيك ، باستثناء القول ـ ان لم يكن الاثبات ـ بان قواعد التعادل وتركيب القوى الستاتية تمتد لتشمل المفاعيل الديناميكية لهذه القوى. ويبدو الجرم عند اولر كمفهوم مشتق، باعتبار القوة تحتل المقام الاول، تبعاً للتراث النيوتني.

مبدأ دالمبير D'Alembert ـ عرض دالمبير فلسفته الميكانيكية في خطاب أولي في كتابه « كتاب الديناميك » (1743) وبعد توضيح طبيعة الحركة وقوانين اتصال الحركات بين الاجسام، بدا الميكانيك، وعلى الاقل ميكانيك المجسمات ، كعلم جذري اصيل، تفرض مبادئه حقيقة ضرورية . ورغم تنكر دالمبير للتراث الديكارتي فهو ينطلق منه، عندما يقترح، ان لم يكن ابعاد القوة المولدة للتسارع عن الميكانيك، فعلى الاقل جعل هذه القوة مجرد فكرة مشتقة اما الاولية فتعطى للجرم وللعناصر الحركية الخالصة.

ان المسألة العامة في الديناميك التي يطرحها دالمبير على نفسه هي التالية :

نفترض وجود نظام من الاجسام مرتبة بعضها الى بعض بشكل من الاشكال. ونفترض تحريك كل جسم من هذه الاجسام بحركة خاصة، لكنه لا يستطيع الاستجابة لها بسبب تأثير الاجسام الاخرى: فتش عن الحركة ، التي يتوجب على كل جسم اتباعها .

يقول دالمبير : « يمكن دائماً اعتبار كل حركة من الحركات a,b,c... المفروضة على كل من الاجسام المختلفة A,B,C... التي تشكل الانظمة المعينة ، وكأنها مؤلفة من حركتين : a...و α ،bو β ، cو γ . . . حيث تكون a,b,cالحركات المتبعة حقاً ، اي الحركات المطلوبة وα, β, γهي الحركات التي يبطل بعضها بعضاً من جراء الاتصال » .

وهذه هي التحليلات التي قدمها دالمبير كمبدأ : « حلل الحركات a,b,c المضغوطة على كل جسم، كل واحدة الى حركتين اخريين a ، α ; b, β ; c, γ... ، بحيث انه لو ضغطنا على الاجسام الحركات a,b,c لكانت هذه الاجسام استطاعت الاحتفاظ بهذه الحركات بحيث لا يضر بعضها ببعض ؛ وانه لو لم نضغط عليها الا بالحركاتα, β, γ لظل الجهاز كله في حالة سكون. من الواضح ان a,b,c هي الحركات التي تتخذها هذه الاجسام بفضل قوة هذه الحركات . وهذا ما يجب العثور عليه » .

واذا كان مبدأ دالمبير واضحاً جداً، فان التحليلات التي يلجأ اليها لا تخلو ان تكون مصطنعة . وقد حكم لاغرانج بهذا وفضل على الصعيد العملي « اقامة التوازن بين القوى والحركات المولدة ، انما على ان تتخذ بالاتجاه المعاكس» . هذه الطريقة أشار إليها هرمان 1716 واولر 1740. هذه الاسبقية،

مضافة الى اسبقية جاك برنولي الذي عرف كيف يرد مسألة مركز التأرجح الى مسألة توازن العتلة (1703) تركت لدالمبير الفضل في وضع اطروحة عامة ترتبط مباشرة بالمبادىء . .

قيل غالباً بان مبدأ دالمبير يتيح رد الديناميك الى الستاتيك ، ورد مسألة الحركة الى مسألة التوازن وهذا غير صحيح ، بالتعميم المطلق، الا بالنسبة الى وضع المعادلة .

وطبق دالمبير، بصورة منهجية مبدأه على دراسة كل المسائل التي ظهرت في « كتابه »، سواء تعلق الأمر باجسام مرتبطة بخيوط أو بأعواد ، بأجسام متأرجحة فوق سطوح وعلى مسائل تتعلق بقرع أو ترجيج .

وتفادى دالمبير كل لجوء الى مبدأ الحفظ ، حفظ القوى الحية ، واعتبر أن هذا الحفظ هو نتيجة لقوانين الديناميك ، بالنسبة الى انظمة الارتباط المؤلفة من خيوط او من قضبان لا تنحني، وكذلك بقوانين صدم الاجسام المطاطة . وتثبت من هذه النتيجة في عدة حالات خاصة

مبدأ الفعل الاقل - تدخل موبرتوي Maupertuis سنة 1744 في النقاش حول « مبدأ الاقتصاد الطبيعي »، الداخل في نطاق البصريات بفضل فرمات حوالي 1664[1]، وبحث عن مبدأ تغييري يتلاءم مع رأيه حول تناسب سرعات الانتشار مع مؤشرات الانكسار الضوئي . ولا تكمن الغرابة في وصوله الى المبدأ. ذلك انه مدد هذا المبدأ بشكل عفوي فاشمله نطاق الديناميك، واعلن عن مبدأ ميكانيكي صالح بالفعل. ومن خطأ بصري لا يمكن مؤاخذته عليه لانه كان خطأ عصره اي خطأ نيوتن Newton ضد هويجن Huygens، جعل منه بالصدفة حقيقة ميكانيكية

ويرى موبرتوي Maupertuis ان الشيء الذي تقتصد به الطبيعة هو كمية العمل mv s، وهو حاصل ضرب الجرم بالسرعة بالطريق المقطوع .

ويشكل قانون الانكسار الذي وضعه سنيليوس Snellius - ديكارت Descartes، وفرضية التناسب في سرعات الضوء مع مؤشرات الانكسار ، وفرضية العمل الاقل بالمعنى الذي قصده موبرتوي ، كل هذه تشكل مجموعاً متناسباً . واثبات هذا التناسب سهل ولهذا من المسموح به الافتراض ان موبرتوي عكس ترتيب العوامل وهو يتظاهر بانه استخرج هذا التوافق من مبدئه الخاص : وبصورة ابسط يبدو انه وضع (او اخذ عن ليبنيز) فكرة العمل بقصد هذا الاتفاق. . ولكن موبرتوي لم يقف عند هذا الحد : فقد رأى في العمل الاقل التعبير عن سبب نهائي بل البرهان على وجود الله :

« لا يمكن ان نشك ان كل الاشياء ليست منظمة من قبل كائن اسمى خصص، وهو يعطي للمادة قوى تنم عن قدرته ، خصصها لتنفيذ مفاعيل تدل على حكمته »

كان موبرتوي اكثر وضوحاً في مجال قوانين الصدمة ، اذ عرف كيف يربطها بمبدئه الخاص

---

(1) أنظر أيضاً الفصل الأوّل من الكتاب 2 من القسم 3

(1747) . والعمل الشامل في صدم جسمين ، يمكن ان يترجم « بمجموع القوى الحية والتي ولدتها السرعات الضائعة » . هذا المجموع هو بالفعل اقصى ، وذلك سواء كانت الصدمة طريه او مطاطة ، هذا اذا افترضنا فضلاً عن ذلك ، حفظ السرعة النسبية العادية في الصدمة المطاطية ، وقبلنا ايضاً الغاء هذه السرعة النسبية في الصدمة الطرية . هنا ايضاً بدا موبرتوي محظوظاً لانه نجح في توليف تركيبة .

كان على موبرتوي ، وخطأه الوحيد ، كما صرح بسذاجه ، انه اكتشف مبدأ اثار بعض الضجة ، فكان عليه ان يتحمل المجادلات الاكثر حدة . فقد رأى كونيغ Koenig يهاجمه 1751 ويتهمه بالسرقة من ليبنيز في حين ان هذا الاخير، لم يتكلم الا عن الحفظ لا عن العمل الادنى ، كما هزىء منه فولتير بشكل قبيح ، في حين انه في طبعة 1758 من كتابه « حول الديناميك » شجب دالمبير اللجوء الى الاسباب الغائية .

في هذه الاثناء اعطى اولر لعمل موبرتوي ، وتحت شكل المتكامل $\int mvds$ كملحق في كتابه حول حساب التغييرات 1744 ، حق المواطنية من الناحية الرياضية وبشكل لا جدل فيه . واثبت اولر بهذا ان عمل موبرتوي بلغ الذروة في سقوط الاجسام ، وفي حركة نقطة خاضعة لقوة مركزية وحتى في حركة نقطه جذبها عدد غير محدد من المراكز الثابتة . وكان على اولر ان يحكم في النزاع حول العمل الادنى 1753 ، فحكم ضد اطروحة كونيغ واعترف لموبرتوي بأبوة هذا المبدأ .

أولر وميكانيك الجسم الجامد - في سنة 1760نشر أولر «نظرية حول ميكانيك الجسم الجامد» وهو كتاب روجع فيها بعد وزاد عليه ابنه في طبعة ثانية صدرت سنة 1790 . وحدد اولر في كل جسم صلب مركزاً لجرمه او مركز جمود او ثبات ، وهي فكرة محددة بفعل الجمود وحده ، بصرف النظر عن القوى التي يخضع لها هذا الجسم ، وبالتالي اقل ضيقاً من نظرية مركز الثقل ، التي تشير ببساطة الى الجسم الوازن . وقد حدد اولر عزوم الجمود ، وهي مفهوم حركي بقي كلاسيكياً وقد فات هويجن Huygens الامر الذي اجبره على المواربة او التعمية .

وفكك اولر حركة الجسم الجامد الحر الى حركة في مركز جموده ، ودوران حول محور يمر في هذا المركز . وفي هذا الكتاب لأولر ظهرت لاول مرة المعادلات التفاضلية الكلاسيكية التي تحكم حركة جسم جامد حول نقطة ثابتة وحيث تظهر بشكل حصري ، مع عزم القوى المطبقة على هذا الجسم الجامد ، مكونات الدوران الآني للجسم الجامد ومشتقاتها ، وكذلك عزوم جمود الجسم حول النقطة الثابتة .

بوسكوفيش والفعل من بعيد - في مواجهة المحللين الذين لا ينفصل عملهم عن تطور الرياضيات الخالصة . كان على الميكانيك في القرن الثامن عشر ان يفسح المجال امام فيزيائي اتسم عمله بالعقلانية التي لم تقدر قيمتها الا بعد قرن من الزمن .

ان النظرية الفلسفية الطبيعية ، وهي كتاب وضعه ر. بوسكوفيتش R.Boscovich ، ونشر في ڤينا سنة 1758 ، هذا الكتاب يمهج وينشر افكاراً وضعها الكاتب قبل عشر سنوات ، في مطلع تعليمه بالكلية الرومانية . وكان العالم اليسوعي الراغوزي Raguse(في الوقت الحاضر ديبروفينيك) نيوتونياً

نقاداً يهتم كثيراً بالمفاهيم الاساسية، اكثر من اهتمامه بوضع المعالجات الرياضية للقضايا الفيزيائية .

وقد اشار الى التقطع المزعج الذي تقود اليه المفاهيم النيوتونية كما تقود اليه المفاهيم الديكارتية ، ثم عمم بشكل جذري الفعل من بعيد بين نقطتين ، كمبدأ اولي اساسي ينطبق على تفسير كل الظاهرات ، واحتفظ بجوهرية المادة رافضاً امتداد الجزيئات الاولية ، وادخل ـ لكي يمثل بصورة بيانية القانون العام للقوى تبعاً للمسافة ـ منحنى تجويفياً يتوافق مع تناوب الجذب والدفع .

هذا التناوب يسمح باظهار ، وبآن واحد ، مختلف حالات المادة ، واستقرارية الانظمة المادية . واعطى بوسكوفيتش لمفهوم الاتصال الميكانيكي معنى ديناميكيا غير قابل للتمثل ، بفعل التحليل الرياضي السائد في عصره ولهذا لم يكن من الغريب ان لا يعكس عمله تأثيراً الا انطلاقاً من المجادلات التي ثارت في القسم الاخير من القرن التاسع عشر بفعل علم الطاقة وعلم الذرة ، مع او ضد استعمال النماذج والصورة التي تتناول الاشياء التي لا تمكن ملاحظتها .

III ـ ميكانيك الموائع

علم السوائل الثابتة (ايدروستاتيك) عند كليرو Clairaut، وشكل الارض ـ عاد كليرو بعد هويجن ونيوتن الى مسألة صورة الارض ، فاضطر الى البحث عن الشرط الاكثر عمومية لتوازن كتلة سائلة . ان الشكل الاكثر افادة في مثل هذا الظرف هو شكل قناة كليرو :

« حتى تستطيع كتلة من المائع ان تكون بحالة توازن ، يتوجب ان تكون جهود كل اقسام من المائع محبوسة ضمن قناة مغلقة على نفسها بحيث تحطم هذه الاقسام بعضها بعضاً » (نظرية صورة الارض ، باريس 1743) .

واهتم كليرو ، في ضوء هذا المبدأ بتوازن كتلة سائلة ذات وزن وبحالة دوران حول محور. وحتى يتم التوازن يجب ان تلعب الجاذبية دوراً في الشروط : ان تفاضلية الجاذبية يجب ان تكون تفاضلية تامة (التفاضلية تعني تزايداً بطيئاً وصغيراً في الدالة الرياضية يعادله تزايد شبيه به في المتغير) .

وقد اظهرت القياسات المقارنة لدرجات خط الهاجرة الارضي ، وبخاصة قياس خط الهاجرة الارضي الذي تم في لابونيا Laponie، تسطحاً في شكل الارض بمعدل، 1/300 اصغر بالتالي من التسطح الذي قال به نيوتن ، واستنتج كليرو Clairaut ان الارض مكونة من طبقات اكثر تسطحاً كلما كانت أكثر بعداً عن مركز الأرض . ذلك أن التسطح يتبع قانوناً متعلقاً بانخفاض الثقل النوعي لما بين المركز والسطح .

الهيدروديناميك (أو تحركية الموائع) عند دانيال برنولي Daniel Bernoulli وسوائلية جان برنولي Jean Bernoulli ـ في سنة 1738 نشر دانيال برنولي كتاباً ممتازاً اسمه «هيدروديناميكا » . وقد شمل هذا الكتاب بآن واحد الموائع الثابتة ، وهو علم في التوازن والهيدروليكا أوعلم الموائع

المتحركة . وقد ارتكز هذا الكتاب بصورة اساسية على مبدأ حفظ القوى الحية ، اي على المساواة بين المنحدر الحقيقي والصعود القوي لمائع ما عند تحركه ضمن نظام دائم . وبهذا الشأن نقل دانيال برنولي الى علم ميكانيك الموائع الأفكار الطاقوية لهويجن .

كما وضع فضلاً عن ذلك فرضية المقاطع او الاقسام : كل الجزيئات المنتمية الى نفس المقطع العامودي على اتجاه الحركة ، يفترض بها أن لها ذات السرعة التي تتعاكس نسبياً مع القطع او المساحة . وقد حلّ دانيال برنولي تحت هذه الفرضيات المختلفة ، وبشكل انيق جداً عدداً كبيراً من المسائل .

وكان على دانيال برنولي ان يتلقى انتقاد والده : جان برنولي الذي اخذ عليه انه انطلق من مبدأ غير مباشر ، وان كان صحيحاً تماماً ، « الا انه لم يتم الاعتراف به من قبل كل الفلاسفة ». وقد زعم من جهته انه يدرس حركة المياه في ضوء مبادىء الديناميك فقط . وقد هنأه اولر على ذلك . ولكن تحليل جان برنولي افسده اعتبار الاعاصير، التي دبرت من اجل هذه الغاية . ولما كان جان برنولي قد احتفظ بفرضية المقاطع ، فانه لم يذهب ابعد من ولده . ولكنه زعم انه سبقه ، اذ ادعى وهو ينشر كتابه « ايدروليكا » ، سنة 1742 ، انه انشأه اصلاً سنة 1732 ، وحتى سنة 1729 .

دالمبير d'Alembert وحركة الموائع - رأى دالمبير ان الميكانيك في الاجسام الصلبة يشكل علماً جذرياً « وبما انه لا يستند الا على مبادىء ميتافيزيكية مستقلة عن التجربة » وصرح بالعكس ، أن نظرية الموائع يجب بالضرورة أن يكون اساسها التجربة وإننا لا نتلقى منها الا اضواء محدودة جداً .

وفي سنة 1752 وفي كتابه تجربة حول نظرية جديدة لمقاومة الموائع ، رفض دالمبير هذه النماذج . والتفت نحو الهيدروستاتيك او الموائع الثابتة كما وضعه كليرو ، ثم اقتفى نفس الاثر، فحاول ان يرد اليه اي الى الهيدروستاتيك حركة الموائع :

ان السرعة v لجزيء من مائع ، في لحظة زمنية t يمكن ان يعتبر وكأنه مجموع v' اي سرعته في اللحظة الزمنية $t + dt$ ، مع سرعة v'' . عملاً بالمبدأ العام في الديناميك تكون « الجزيئات من المائع ، ان هي نزعت الى الحركة بالسرعة v'' فقط ، - بحالة توازن ، وفي هذه الحال يكون ضغط المائع نفسه كما لو كان هذا المائع راكداً ، وأجزاؤه مشدودة الى التحرك بفعل قوة محفزة تساوي v''/dt » .

وتوصل دالمبير، (على الاقل بالنسبة الى الحركات السطحية او الدائرية) الى المعادلات العامة في الهيدرودیناميك ، مما جعل من كتابه « محاولة » عملاً طليعياً بحق .

ونظر دالمبير الى حاجز صلب جامد داخل تيار مائع فلاحظ انه اذا كان هذا الحاجز تناظرياً ، والمائع متناسقاً وغير محدّد وفاقداً للجاذبية « لا يتلقى الجسم أي ضغط من السائل . وهذا ضد التجربة » التقى دالمبير هنا ، دون أن يجرؤ على تأكيده ، التقى المفارقة الغريبة ، التي أوضحها فيما بعد

علماء الجيومتريا ، في كتابه « أوبسكول = (الكتيبات) » . هذه المفارقة ، وهي الأشهر في علم الهيدروديناميك ، تعبر عن الطلاق الأكثر بروزاً بين التجربة العادية جداً ، والنظرية الأقل ثقلاً ضمن الطروحات الكيفية . وكل جهود الميكانيكيين فيما بعد سوف تنصب على إيجاد مخارج لها .

هيدروديناميك اولر Euler ـ ان انجاز اولر في ميكانيك الموائع ضخم ، وقد غطى بآنٍ واحد مجال النظرية العامة ، وكذلك التطبيقات الاكثر تنوعاً . ونحن سنكتفي هنا بتحليل موجز لمذكرات اكاديمية برلين حيث عالج اولر المبادىء العامة في توازن الموائع وحركتها (1755) .

ويروي أولر في الهيدروستاتيك ان السائل القابل للضغط او غير القابل للضغط هو خاضع لقوى مطلقة .

يقول « ان العمومية التي اقصد ، بدلاً من ان تبهر انوارنا تكشف لنا بصورة اولى القوانين الحقيقية في الطبيعة ، بكل بهائها ، ونجد فيها أسباباً أقوى ، لتأمل جمالها وبساطتها » .

وهنا يستعين اولر ، بعد التعميم ، بمبدأ كليرو . وقد كان له الفضل بانه ادخل صراحة الضغط ، وربطه في كل نقطة بالقوة الخارجية المعطاة .

وقرر أولر في الهيدروديناميك ، وبشكل من العمومية المطلقة ، معادلات حركة مائع مكتمل قابل للضغط ، بكل أشكالها النهائية ، وكذلك معادلة الاستمرارية التي تعبر عن حفظ الجرم .

وقد استطاع لاغرانج ان يصرح بقوله : بفضل اولر رُدَّ كل ميكانيك الموائع الى نقطة واحدة في التحليل . ولكن صعوبة هذه النقطة ظلت بالغة وقد وعى اولر هذه الصعوبة تماماً .

نشير ايضاً كيف ان اولر، بنوع من السخرية المغطاة بالتواضع ، قيم اعماله في الهيدروديناميك بالنسبة الى اعمال معاصريه فقال : « مهما كانت عظيمة البحوث حول الموائع ، والتي ندين بها نحن الى السادة برنولي وكليرو ودالمبير ، فانها مشتقة بشكل طبيعي جداً من قاعدتينا العامتين بحيث اننا لا نستطيع وبالقدر الكافي تقدير هذا التوافق بين تأملاتهم العميقة وبين بساطة المبادىء التي استقيت منها المعادلتان ، هذه المبادىء التي توصلت اليها حالاً بفضل القواعد الاولى في الميكانيك » .

IV ـ مقاومة المادة والمعطيات التجريبية

قوانين كولومب حول الاحتكاك ـ بعد 1699 أعلن آمونتون Amontons قانون تناسب الاحتكاك مع الضغط المتبادل بين اجسام متماسة . وقد بين ف .ج كاموس (1722) F.J.de Camus وديزاغوليه (1732) Desaguliers ان الاحتكاك في حالة السكون يفوق الاحتكاك في حالة الحركة .

وسوف يعود الى كولومب الذي كان يومئذ نقيباً في سلاح الهندسة ، ان يجيب على امنية اكاديمية

العلوم التي طلبت سنة 1781 اجراء تجارب جديدة « بشكل كبير » تطبق على البكرات والرافعات الرحوية والحبال المستعملة في البحرية .

وتعتبر مذكرة كولومب، التي نشرت سنة 1785 في المجلد 10 من « مذكرات العلماء الاجانب » نموذجاً للاسلوب التجريبي . والقانون الكمي الذي انتهى اليه مفاده انه فوق سطح ولسحب ثقل ذي وزنٍ معين ، يجب بذل قوة تتناسب مع هذا الوزن ، يضاف اليها مقدار ثابت يتعلق « بتماسك » السطوح . ووضع كولومب ايضاً القوانين الكمية حول تصلب الحبال .

بوردا Borda ومقاومة السوائل ـ ميزة الفارس دي بوردا de Borda انه درس مسائل الهيدروليك، دون ان يستبعد الخسارات بالقوى . ومثل هذه الخسائر يظهر في سيلان المائع في مجرى يتسع فجأة او يضيق فجأة . وشبه بوردا هذه الظاهرة بصدمة تقترن بخسارة في القوة الحيوية، اي في لغة العصر، بصدمة الاجسام الصلبة . وحسب هذه الخسارة في القوة الحية بواسطة قاعدة كارنو Carnot، قبل ان تصاغ حرفياً، وفي حالة خاصة .

واجرى بوردا Borda تجاربه بشكل منهجي ، حول مقاومة الموائع ، وبشكل خاص، حول مقاومة الهواء (1763) . وبيّن ان هذه المقاومة هي ظاهرة شاملة لا يمكن ادراكها بالتكامل ، انطلاقاً من قانون اولي بسيط . ودرس فيما بعد مقاومة الماء ؛ ودحض النظريات النيوتونية (1767) . واخيراً، وفيما يتعلق بالمقاومة المنحرفة ، بين بوردا Borda ان قانون الجيب (سينوس) المربع غير مثبت ، وانه بالنسبة الى الانعكاسات الخفيفة ، المقاومة لا تخفف بمقدار ما تخففه الجيوب (سينوسات) البسيطة .

وتضاف الى تجارب بوردا Borda التجارب التي اجراها الاب بوسوت Bossut (تموز ـ ايلول 1775) بواسطة نماذج مصغرة في بركة المدرسة الحربية وكذلك تجارب ب . ل . ج بوات P.L.G.du Buat.

ميكانيك لازار كارنو Lazare Carnot ومفهوم الاتصال ـ بعد 1783، نشر لازار كارنو تجربة حول الآلات بوجه عام، طورها سنة 1803 تحت عنوان « مبادىء اساسية في التوازن وفي الحركة » . وكان كارنو اول من اكد على السمة التجريبية في مبادىء الميكانيك ، وذلك مناقضة للافكار التي قال بها اولر ودالمبير . وقد استنتج من الملاحظة الجذرية لظاهرات الصدمة قوانين الميكانيك ، راداً فعل قوة مستمرة ، مثل الجاذبية ، الى فعل سلسلة من الصدمات المتناهية الصغر . ادخل كارنو في ميكانيك الاجهزة ، فكرة الحركة الجيومترية : ان مثل هذه الحركة هي بدون اي مفعول على الاعمال المتبادلة التي تمارس او يمكن ان تمارس بين اجزاء الجهاز . ان مثل هذه الحركة لا يتعلق الا بشروط الاتصال بين اجزاء الجهاز .

واصبحت الحركات الجيومترية الكرنوية ، بالمعنى الكلاسيكي اليوم ، تنقلات احتمالية تتآلف مع الاتصالات بين اجزاء الجهاز . فهي تعطي لكتاب « التجربة » بنية رياضية طليعية .

ويقرر كارنو ، بالنسبة الى صدمة الاجسام الصلبة ، قاعدة بقي اسمه مقروناً بها . وهي تقضي بان ضياع القوة الحية ضياعاً كاملاً يعادل مجموع القوى الحية التي سببتها السرعات الضائعة .

واهتم كـارنو ايضاً بعمل القوى الداخلية في الكائنـات الحية : فـالحيوان يمكن ان يشبـه ، من ناحية الميكانيك ، مجموعة من الجسيمات المنفصلة فيما بينها بنوابض مضغوطة ، يمكن تحويل قوتها الحية الكامنة الى قوة حية حقيقية .

وقد الهمت افكار كارنو ، ذات الاصالة الاكيدة ، لابلاس Laplace، وبـارّه دي سان فينـان Barré de Saint – Venant وبالتأكيد الهمت كاريوليس Cariolis ايضاً

V ـ الميكانيك التحليلي عند لاغرانج

لقد ظهر كتاب لاغرانج « الميكانيك التحليلي » لاول مرة سنة 1788، وجاء يتوج البنـاء الذي اقامه الجيومتريون الكبار في القرن الثامن عشر. اما برنامج هذا الكتاب الضخم فقد ورد كما يلي :

« تحويل نظرية الميكانيك وفنه في حل المسائل المتعلقة به الى قواعد عامة وصيغ يكفي تجذيـرها البسيط لاعطاء كل المعادلات اللازمة لحل كل مسألة .

ثم جمع وعرض ، ضمن وجهة نظر واحدة ـ مختلف المبادىء التي عثر عليها حتى الآن ، من اجل تسهيل حل مسائل الميكانيك، وتبين تبعيتها المتبادلة ، ثم التمكين من الحكم على صحتها وعلى مدى اتساعها »

واضاف لاغرانج ايضاً ، توضيحاً لانشائه الرياضي الوارد في كتابه ما يلي :

« لن يعثر في هذا الكتاب على صور. فالطرق التي اعرضها فيه لا تـطلب رسومـاً ولا تحليلات جيومترية او ميكانيكية، بل تطلب فقط عمليات جبرية خاضعة لمسار منتظم وموحد الشكل . وسوف يرى اولئك الذين يحبون التحليل ان الميكانيك سوف يصبح جزءاً من هذا التحليل وسوف يعترفـون بفضلي اني وسعت مجاله الى هذا الحد » .

وربط لاغرانج كل الستاتيك بالمبدأ الذي استمر يسميه مبدأ « السرعات المحتملة ». ولكن هذا المبـدأ ذاته « ليس اكيـداً بذاتـه حتى يمكن وضعه كمبـدأ أول » . ويمكن استنتاجـه من مبدأين : مبـدأ العتلة ومبدأ تركيب القوى .

ولكن لاغرانج فضل تأسيس هذا المبدأ مبـاشرة عـلى بعض الصفات البسيـطة حول البكـرات والخيوط.

ولحل مسائل الستاتيك ادخل لاغرنج طريقه عامة جداً وبسيطة جداً سماها طريقة المضاربات ، تتيح حساب العمل الاحتمالي لردات الفعل .

في مجال الديناميك لم ينحز لاغرانج بصورة علنية الى اي من اولر أو دالمبير، اي بين مدرسة القوة ومدرسة الجرم. كما انه لم يعد الى مسألة ديناميك النقطة لانه اعتبرها واضحة باعمال سابقيه ، ووجه كل اهتماماته نحو صياغة ديناميك الاجهزة بشكل عام .

وحلل لاغرانج على التوالي المبادىء الاربعة في الديناميك : حفظ القوى الحية ، وحفظ حركة مركز الجاذبية ، وحفظ العزم أو مبدأ المساحات ، ومبدأ كمية العمل الأقل .

ويعود المبدأ الاول من هذه المبادىء، كما يقول لاغرنج بحق، الى هويجن ، بشكل يختلف عن الشكل الذي اعطى لهذا المبدأ من قبل ليبنيز وجان برنولي . اما المبدأ الثاني فيعود الى نيوتن . والمبدأ الثالث اكتشفه اولر Euler ودانيال برنولي وارسي Arcy، وهو ليس الا تعميم قاعدة من قواعد نيوتن ذات المتحركات المنجذبة من نفس المركز .

ويصف لاغرانج بالابهام وبالتحكم ، تصور موبرتوي Maupertuis. وينضم الى طريقة اولر «التي تستحق وحدها اهتمام الجيومتريين»، وعمّمها لتشمل حالة جهاز من عدة أجزاء تعمل فيما بينها بشكل من الاشكال. ولا نستطيع هنا ان نرسم تفصيل التحليل الذي سمح للاغرانج ان يضع المعادلات العامة في ديناميك الاجهزة بشكل دقيق وانيق لم يستطع احد الإتيان بمثله او تجاوزه.

نقول فقط أن لاغرانج قال أنّ معادلة المجمل المتكون من القوى المطبقة الفاعلة مع القوى الجامدة وقوى مختلف العناصر في الجهاز المادي هي صفر ، وذلك حين كتب أن العمل الاجمالي لهذه القوى لاغٍ بالنسبة الى كل انتقال محتمل متوافق مع الاتصالات . وهذه الاتصالات افترضت انها كاملة ، أي بدون احتكاك ولا مقاومات سلبية ، وانها قد تتعلق بالوقت عموماً .

ونجح لاغرانج بان يعبر عن مجمل الحدود المتعلقة بقوى الجمود، في مختلف عناصر الجهاز، تبعاً للمشتقات ، مشتقات القوة الحية الشاملة وحدها ، هذه القوة التي هي دالة من دالات ثوابت الموقع q ومشتقاته الاولى q′ بالنسبة الى الوقت ، كما هي دالة من الدرجة الثانية بالنسبة الى هذه المشتقات . ومعادلات لاغرانج التي بقيت معروفة بهذا الاسم ، والتي ما تزال تطبق عالمياً ، كانت ترتدي يومئذٍ الشكل القانوني التالي :

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial q'}\right) - \frac{\partial T}{\partial q} = \frac{\partial U}{\partial q}$$

حيث 2T ترمز إلى القوة الحية الشاملة ، وحيث U هي دالة القوى الفاعلة و q احد الثوابت المطلقة ، ويوجد معادلات بعدد الثوابت مما يسمح عن طريق التكامل بتأمين حل مسألة الحركة ، أي تحديد الثوابت تبعاً للزمن .

ويبدو حفظ القوة الحية عندئذٍ وكانه مجرد تابع مرافق لمعادلات لاغرانج. وهذا الحفظ لا يتحقق الا اذا كانت اتصالات النظام او الجهاز ـ المفترض انها كاملة دائماً ـ مستقلة عن الزمن.

وكذلك مبدأ العمل الاقل فهو يعتبر نتيجة من نتائج معادلات لاغرانج ، في الحركة العامة داخل جهاز من الاجسام المحركة بفعل قوى تتبادل التجاذب ، او منجذبه من قبل مركز ثابت .

هذا المبدأ يعود الى الواقعة القائلة بان مجموع القوى الحية الآنية في كل الاجسام هو مجموع أقصى ، منذ اللحظة التي تنطلق فيها الاجسام من نقط معينة الى اللحظة التي تصل فيها الى نقاط اخرى معينة . كما ان لاغرانج يقترح تسميته (اي تسمية مبدأ الفعل الاقل) بمبدأ القوة الحية الاكبر او الاصغر .

ويتضمن كتاب الميكانيك التحليلي للاغرانج ، جملة من المسائل التي لا نستطيع التوسع بشأنها نذكر فقط ، دون التخلي عن ديناميك الجوامد ، ان لاغرانج درس تفصيلاً مسألة حركة الجسم الوازن الدائر المعلق من نقطة في محوره ، كما رد هذه المسألة الى التربيعات الاهليلجية .

واعطى لاغرانج ايضاً طريقة عامة للتقريب ، لكي يحل مسائل الديناميك - وخاصة المسائل التي يطرحها الميكانيك السماوي - وهي طريقة تقوم على تغير الثوابت الكيفية .

وهنا يضع لاغرانج نظرية الحركات الصغرى ، ويدرس استقرارية التوازن ويتثبت من ان التوازن يكون مستقراً عندما يكون كامن القوى المعينة اقل ما يمكن ان يكون .

وظل اسم لاغرانج ، في الهيدروديناميك ، مقروناً بالمتغيرات التي تتيح متابعة عنصر مائع في حركته ، في حين ان المتغيرات المسماة متغيرات اولر ترتبط بحالة سرعات المائع في لحظة معينة في نقطة جيومترية معينة . ومن العدل القول ان اولر قد لجأ في بعض الاحيان الى متغيرات من النمط اللاغرانجي .

ويعود الى لاغرانج الفضل في وضع قاعدة اساسية حول استمرارية الصفة غير الدائرية لحركة مائع ما ، عندما تكون قوى الجرم الفاعلة في المائع تتعلق بقوة كامنة ، وعندما يكون ضغط المائع هو دالة محددة بوزنه النوعي . وقد درس لاغرانج ايضاً حركة مائع في قناة قليلة العمق وبين ان الحركة محكومة بمعادلة تشبه معادلة الصوت .

ربما يجد بعض القراء اننا الححنا كثيراً على المناقشات المبدئية التي خضت القرن السابع عشر اكثر مما ركزنا على اعمال كبار الجيومتريين الذين زودوا الميكانيك بتنظيمه النهائي ، في الحقل الكلاسيكي . وعذرنا ان المؤرخ ملتزم باتباع الطريق المملوء بالمصادفات ، وبالاعتراضات التي اتبعها المخترعون . وأنه بالعكس ، فإنّ أولر ولاغرانج يسهل على القارىء الحديث الوصول اليهما مباشرة ، كما أنهما يُعلمان حسب الاصول . لا شك انه في أي مجال اخر ، لم يلاق الايمان العقلاني الجذري ، في عصر الانوار ، الايمان بامكانية ادخال التحليل الرياضي في اساليب الطبيعة ، لم يلاق نجاحاً اكثر مما لاقاه في الميكانيك . لقد استطاع دالمبير ان يؤكد ان روح الحساب قد طردت روح النظام . لقد ورثت الاولى الثانية بحيث ان لم تكن الوارث المباشر - لان بعض المخاوف الميتافيزيكية في القرن العظيم ، يمكن

ان تعتبر اعتباطية في نظر العلم الوضعي ـ الا انها على الاقل الناقل الأكيد :ان مهمة التنظيم لم تصبح في المتناول الا بعد الوضع المؤلم للمباديء . فضلاً عن ذلك وباعتراف دالمبير بالذات ، وجدت روح الحساب حدودها كما ان خطر التسرع في وضع صيغ رياضية لحقائق الفيزياء ، قد ظهر ايضاً في مجال الهيدروديناميك . وهكذا فتحت امام الميكانيك مواضيع جديدة للبحث

الفصل الثالث :
معرفة النظام الشمسي

ان التركيب الفخم الذي قام به نيوتن ، في اواخر القرن 17، واشمله جملة المعارف الفلكية المعروفة في عصره، اصبح بعد ذلك يحكم ويوجه البحوث. ان المواضيع الواجبة الحل قد وضعت او اوشكت ان توضع ؛ وادت معالجتها رياضيا ، خلال القرنين الماضيين الى بناء ما يسمى اليوم بالميكانيك السماوي الكلاسيكي. ومواجهة النظرية بالتدابير ادت الى نهضة علم فلك المواقع .

وتطورت شروط العمل بسبب الظروف، وهي ظروف سوف نجدها بعد ذلك بقليل في المجالات العلمية الأخرى . فقد توجهت البحوث ، بمواضيعها المتعددة ، على يد المتخصصين . وخلال هذه المرحلة تراكمت النتائج وارتدى التقدم هذا المسار الجذري الذي أصبح الآن شائعاً . واصبحت الاعمال تتم بصورة رئيسية في مراكز مهمة ، خدمة للدول القادرة على تأمين الوسائل المادية الكافية للعلماء ، واستمرارية اصبحت ضرورية ، قبل استثمار المعطيات التجريبية ، استمرارية جعلتها قلة الامن في ذلك الزمن ضعيفة في كل مكان . واغلب النتائج ، باستثناء علم الفلك الرياضي، حصلت في الواقع في فرنسا وفي انكلترا[1]. وكان مرصد باريس، الجد الحقيقي لمراكز البحوث الوطنية . قد تأسس سنة 1667، ومرصد غرنتيش بعد ثماني سنوات . وبالتأكيد لم يكن هناك شيء يستحق الذكر خارج اوروبا : فالتجهيزات التي كانت قد استخدمت بجدوى في القرون الماضية ، وبصورة رئيسية في العالم العربي ، اصبحت عقيمة الى غير رجعة .

ورغم تحسين المعدات كان الكون الكواكبي ما يزال بعيداً عن التناول ، ولم يكن اكثر من موضوع وصفي موجز طيلة القرن . وظلت البحوث مرتكزة حول نجوم النظام الشمسي. وكانت الحكومات معنية بتقدم الملاحة والجغرافيا لدوافع تجارية وعسكرية فكانت توجه جزئياً هذه الاعمال وتشجعها بفعالية .

---

(1) كان يوجد أو قد أوجد عدد كبير من المراصد في الجامعات أو الأكاديميات ، إنما ضعيفة التجهيز ، اشتهرت فيها بعد مثل مرصد ليد ، وسان بطرسبرج أو إيطاليا .

I ـ النجاح المؤجل لقانون الجاذبية الكونية

لم يسحب من اول طبعة من كتاب « فيلوزوفيا ناتوراليس برانسيباماتماتيكا » سنة 1687 الا 250 نسخة ، والطبعة الثانية 750 سنة 1713 . ثم ظهرت فيما بعد طبعة 1726 ، والترجمة الانكليزية لموت Motte سنة 1729 والترجمة الفرنسية للماركيز دي شاتليه Châtelet سنة 1756 [1] ثم غيرها كثير

وتجدر الملاحظة ان قانون الجاذبية لم يكن له اية حاجة لدى العلماء في القارة ، التي كانت مأخوذة بالديكارتية منذ زمن بعيد، وكانت الاجرام السماوية تشكل في نظرهم ، قسماً من حالة في الاشياء طبيعية ؛ والفرضية المصطنعة لفعل من بعيد كان يصدم بلا عقلانيته ، السحرية تقريباً . ونيوتن انكر ان يرى في قانون الجاذبية اكثر من تأويل فرضيات (Hypothèses non fingo) وما دامت هي كذلك فقط فلا يمكن تصور جدواها . انما بفضل التفسير النيوتني للتفاوتات الرئيسية في حركة القمر استطاعت النظرية ان تفرض نفسها بشكل ساطع ؛ ولكن التحليلات الجيومترية النيوتنية هي تقريبية ، وقيمة التقريب لن تظهر تماماً الا فيما بعد ، بالمقارنة مع نتائج معالجة المسائل بالتحليل؛ والديكارتيون الذين رأوا في هذه التحليلات تبريراً مساقاً لحاجات القضية لا يمكن وصمهم بالتحيز .

والعالمان الرياضيان الكبيران المعاصران « للمبادىء » ،هويجن Huygens وليبنيز Leibniz، كانت لهم مواقف انتقادية، انما مختلفة تماماً . الاول، وكانت اعماله حول الحركة الدائرية قد حملت نيوتن الى طريق اكتشافاته ، عرف منذ 1690، تفسير حركة الكواكب بقانون المربع العكسي، ولكنه رفض التجاذب المتبادل بين الجزيئات ؛ ان الجاذبية ، برأيه ، هي جاذبية نحو مركز الارض ، وثابتة وقد جرب مع ذلك القانونين (قوة ثابتة او بسبب المربع العكسي) من اجل حسابه النظري لتفلطح الارض ، اي انه قد شك في تشبيه الجاذبية الارضية بقوة جذب تؤثر في القمر، دون ان يرفضها بشكل منهجي ؛ ولم يشأ ان يبت بالامر الا على اساس براهين مادية لم تتوفر حتى تاريخ وفاته ، سنة 1695 .

اما ردة فعل ليبنيز فهي سلبية خالصة فالنظرية النيوتنية ما كانت الا لتصدمه بالاكتشافات التي انتظرت مجيء امثال كليرو Clairaut ودالمبير d'Alembert واولر Euler، بعد خمسين سنة

وبخلال هذا النصف قرن ، حفز الخلاف بين الديكارتيين والنيوتونيين البحوث التجريبية . ولم يكن صحيحاً ان يقال ان نظرية نيوتن كان لها يومئذ دور يهمل ، او انها لم تكن معروفة تماماً من قبل المعنيين .

وانتشارها لدى الجمهور العام يعزى الى فولتير ، الذي حضر سنة 1727 مأتم نيوتن ، والذي اق

---

(1) إلى هذا النص ، الذي ليست أمانته مطلقة ، تعود المراجع الفرنسية بشأن عمل نيوتن ، ومن جراء هذا فهي غير مضمونة . ولا توجد طبعة منتقدة فرنسية للمبادىء . نشير إلى الطبعة التصويرية الجديدة لترجمة مدام دي شاتليه (باريس ، ١٩٦٦) .

بالمبادىء في حقيبته . وقد اعتبر حماس فولتير اهانة لديكارت ، وادى الى فضيحة ، وهو امر ما كان ليسوءه . ولكن اكاديمية العلوم في باريس ، وبعد سبع سنوات ، منحت جائزة لدانيال برنولي ، من اجل رسالة وضعها سنة 1732 ، وخصصها لمسألة الجسمين : ونجد فيها ، لاول مرة ، الترجمة التحليلية لنظرية نيوتن . وفي الحال ، تلاشت اعاصير ديكارت ، التي لا تخضع للحساب ، في نظر الرياضيين . أما المعارضون الآخرون فقد انضموا عموماً عندما تقرر تفلطح الأرض سنة 1737 ، سنداً لنظرية الجاذبية الكونية . واخيراً ادت عودة المذنب هالي سنة 1759 الى اجماع في الرأي العام .

II ـ معدات علم الفلك الموقعي

كان قياس موقع كواكب النظام الشمسي والنجوم البراقة موضوع اهتمام الفلكيين في القرن الثامن عشر : وكان علم القياس الفلكي (استرومتري) من صنعهم .

وكان المطلوب من المعدات هو الدقة لا القوة . يجب ان تكون مستقرة وقليلة التعرض للتشويه او التغيير . وكان نموذجها العام القطع (سكتان او ربع الدائرة بحسب زاويتها) ثم فيما بعد آلة قياس خط الهاجرة .

السدسيات ـ تشتمل السدسية (سكتور) على منظار متحرك ضمن سطح حول محور عامودي قريب من الشبحية (Objectif) . ويقاس الدوران على قوس مرقم ، كما يشتمل على شاقول (او خيط ذي رصاصة) معلق بمحور الدوران . وهذا الشاقول يسمح بتعيين الخط العامودي على القوس . والمجموع يمكن توجيهه ، وعندها يكون مربوط بحمالة بواسطة مسمار ذي محور عامودي . والناظور مثبت فوق قوس مرقم والسدسيات تكون حائطية ، ومثبتة ضمن سطح الهاجرة . اما الناظور فهو الذي يتحرك فقط .

وشبحية الناظور ، وحتى اكتشاف الاكرمه (اي انفاذ الضوء من غير تحليله) كانت عدسة بسيطة قطرها صغير (عدة سنتيمترات) ، ذات مسافة بؤرية كبيرة (متر او اكثر) اما العينية (Oculaire) فبسيطة انها عدسة مسطحة محدودبة ، انها عدسة كبلر Kepler . وآخر آلة مجردة من الناظور ، وعبرها يتم النظر بالعين المجردة هي العضادة (جزء من الاسطرلاب) ذات وريقات او ريشات تحدد جهة الرصد ، وهذه الآلة من صنع هفليوس Hevelius الذي مات سنة 1687 . وكان الاب بيكار Picard هو اول من استعمل سنة 1669 السدسيات المزودة بناظور ذي شبكة .

وكان صنع الادوات يتم حتى ذلك الحين على يد حرفيين او على يد الفلكيين انفسهم . وبعدها قام فنانون (كانوا يسمون كذلك) مشهورون ببناء الاجهزة الاولى ذات القيمة العالية . وتحمل السدسيات المحفوظة حتى ايامنا ، في المجموعات ، اسماء الفرنسي لانغلوا Langlois او الانكليزي غراهام Graham وبرد Bird ورمسدن Ramesden . ويعود جزء من الفضل في هذه النتائج الحاصلة الى هؤلاء الصناع الذين مكنهم صبرهم ومهارتهم العجيبة من تلافي النقص في التقنية .

رصد المرتفعات ـ ان رصودات الاعالي تتم ، فضلاً عن اتجاه المنظار فوق القوس ، على تحديد

موقع الصورة بالنسبة الى خيط افقي ثابت واقع ضمن السطح البؤري للشبحية (Objectif) . اما الميكرومية ، الذي اخترع في القرن الماضي ، فقد طوره الدانمركي رومر Romer تطويراً جعله اشبه بحالته الراهنة تقريباً ؛ فهو يتضمن ، على موازاة الخيط الثابت ، خيطاً متحركاً ، يقاس تنقله بدوران برغي يحدث هذا التنقل . وترصد النجمة تحت الخيط المتحرك ، اما قيمة القياسات فتتعلق بانتظامية تحرك البرغي ، وبغياب التلاعب في جرجرة العربة الناقلة للخيط . ولم تحصل هاتان الخصوصيتان الا بصورة تدريجية . ورصودات برادلي Bradley ، التي سوف نرى دورها فيما بعد ، مدينة بدقتها الى اسلوب مختلف ، يسمى اسلوب « البرغي الخارجي » ، فلا يوجد ميكرومتر في السطح البؤري ، بل برغ ميكرومتري ، يتيح ـ بعد التصويب بالشاقول لقسم من اللمب (حافة كوكب) الملتصق بالمنظار ـ نقل هذا الاخير حتى يتم رصد النجم بالضبط تحت الخيط الثابت ، ثم قياس هذا التنقل .

رصد المرور العابر ـ ان تحديد لحظات المرور بخط الهاجرة لم يلاق اهتماماً الا من يوم اتاحت ساعات ذات رقاص مُرْضية ، تأمين دقة شبيهة بالدقة في قياس المرتفع . فالمرتفع الذي يتغير، في الحين من ″10 الى ″1 (بحسب طبيعة الرصودات) يتوافق ، فيما خص التنقل الذي يترجم الحركة اليومية ، مع فترة من الزمن تتراوح بين ثانية الى 1/10 من الثانية ، اذا كان الامر يتعلق بنجمة بعيدة عن القطب . ومنذ ان ابتكر هويجن Huygens (1657) ، الرقاص المنظم ، بذلت جهود لتحسين الساعات ذات الرقاص ؛ ولكن التغييرات غير المتوقعة في الرصودات العابرة عموماً ، توحي ببعض الحذر للفلكيين . وبعد اتقان المنفذ المعزو إل غراهام (1715) ، واستبعاد المفاعيل الحرارية على المنظم (انبوب زئبقي وضعه غراهام 1726 ، حاجز ثنائي المعدن ، من صنع هاريسون ، حوالي 1730) تمت العودة الى الرصودات العابرة ، التي سبق ان قام بها بيكار بصورة منهجية .

وهناك عدة خيوط عامودية على الخط الافقي مرتبة بشكل تناظري في السطح البؤري . وتقدر لحظات المرور بهذه الخيوط بفضل عملية الرصد بالعين والاذن ، وهذه العملية ابتكرها برادلي Bradley وظلت تطبق طيلة مئة وخمسين سنة ، الى ان تم انجاز المعدات المسجلة كهربائياً : فقد كانت تعد ضربات رقاص بالثانية ، وتدون بالعين المواقع التي يحتلها النجم اثناء نبضات الرقاص ، هذه النبضات التي تشمل لحظة اجتياز الخيط . وكانوا يستطيعون بهذه الطريقة تجزئة الثانية الى اعشار .

ادوات خط الهاجرة ـ رغم ان اسلوب برادلي لم يكن يخلو من اثر منهجي مرتبط بالراصد فان الخطأ الرئيسي في هذه القياسات كان مصدره قلة مقاومة التشويهات الجانبية من قبل القطع (Secteur) الحائطي : فمحور الناظور ذي المترين كبؤرة ينتقل بمقدار ″10 اذا أصاب الطرف المتحرك فيه تحريك عرضي مقداره 0,1 مم اي عشر المليمتر، في الوقت الذي كانت قيادة الطرف لا تؤمن بمثل هذه الدقة بالملامسة بواسطة قوس معدني شعاعه 2 متر. ومع ذلك، وبعد 1690 انجز رومر الماشينا دومستيكا اي الالة المتحكمة ، وهي اول اداة هاجرية للمرور ، ركزها في اطار شباك في منزله في مدينة كوبنهاغ . واهم خصائص الالة الحديثة كانت موجودة فيها : محور الدوران يمر في وسط المنظار ، الذي كان انبوبه

مؤلفاً من مخروطين ملتصقين بقاعديتهما . وكانت ارتجافات المحور تتفادى بنظام من التوازنات تعادل وزن المنظار . اما خيوط الميكرومتر فكانت مضاءة . وكان هذا الانجاز بدون غد . فالتجهيزات العبقرية التي وضعها رومر لم تتحقق الا بعده بوقت طويل ، وبعد تلمسات لا مبرر لها .

ونفس المصير اصاب الآلة المسماة روتامريديانا ، وهي دائرة هاجرية كان رومر قد استعملها انطلاقاً من سنة 1704 لرصد الارتفاعات الهاجرية . وكانت الدائرة ، حالها كحال الادوات الحديثة ، دائرة كاملة متماسكة مع المنظار . وكان الجميع محمولاً بمحور الدوران الذي يرتكز على اعمدة . وقلة المبالاة التي واجهت هذا الجهاز لها ما يبررها هنا : ان صغر حجم الدائرة الاضطراري وكذلك صغر المنظار لم يكونا يأتلفان مع المسافات البؤرية الكبيرة في الشبحيات Objectif البسيطة الضرورية لتلافي نتائج التضليل الألواني .

الشبحيات المركبة (Les objectifs compsés)) ـ كانت الاكرمة اي تفادي التضليل اللوني احدى مكتشفات منتصف القرن[1] . فحتى ذلك الحين كانت الهدفيات مؤلفة من زجاجة واحدة . وكان التضليل اللوني يشتت فوق المحور البؤر المتعلقة بالالوان ، القصوى ؛ وكانت الصورة ، وهي بقعة متقزحة ، اي متعددة الالوان ، لا تبدو صغيرة الا اذا كانت رزمة الضوء شديدة التفكك اي اذا كانت فتحة الهدفي ضعيفة جداً . وكانوا يستعملون شبحيات نسبة فتحتها (اي نسبة قطر المسافة البؤرية) تتراوح بين 1/50 للهدفيات الصغيرة (2 الى 3 سنتيمتر) وبين 1/300 للهدفيات الكبرى .

وانطلاقاً من سنة 1758 انتج البصري الانكليزي دولون Dollond ، بشكل عادي المزدوجة الاكروماتيكية (التي تُذهب تضليل الالوان) الكلاسيكية المتكونة من عدسة مقاربة من الزجاج العادي ومن عدسة مفرقة من البلور الرصاصي الخاص او فلنت Flint .

ونشأت نظرية التضليل (الهندسي واللوني) بعد ذلك بقليل . وبنفس الوقت تقريباً بُني علم بصريات الهدفيات كاملاً تقريباً . انه من صنع كليرو Clairaut ودالمبير d'Alembert . وبحوثهما المتزامنة وقعت بين 1760 و1768 وكانت حصائل اعمالهما تتكامل . وتحليل الاضاليل من الدرجة الثالثة قد تم والتصحيح قد عُرض . وحسب كليرو وحقق الهدفيات الاولى الممتازة التي تُذهب الزيغان والتضليل .

III ـ اتجاهات الكواكب الظاهرة واتجاهاتها الوسطى

ان الاتجاه الظاهر لنجم ما يتحدد بمعرفة الانحرافين الزاويين (انحراف وصعود مستقيم) المحددين نسبياً بالسطوح الاساسية : خط الاستواء السماوي ودائرة فلك البروج . والملاحظات المدونة في حقبتين مختلفتين لا يمكن مقارنتها مباشرة الا اذا كانت الارض والسطوح الاساسية ثابتة . وحركة الارض تهز الاتجاه الحقيقي لمفعول التضليل والزيغان . وحركات السطوح الاساسية تؤثر في

(1) انظر الفصل 1 من الكتاب 2 من هذا القسم .

الإحداثيات لمفعول مبادرة الاعتدالين (Précession)، وهو حدٌ قديم جداً (اي تراكمي) ومفعول تمايل محور الارض بفعل الشمس والقمر معاً (الكبو) وهو حدٌ دوري يؤرجح الإحداثيات حول القيم الوسطى. وانتقال الاتجاه الظاهر لكوكب ما الى اتجاهه الوسطي يسبق بشكل طبيعي استخدام الرصد.

من هذه المفاعيل الثلاثة ، اذا كان الثاني ، وهو معروف قديماً ، قد فُسر من قبل نيوتن ، فان الاول والثالث سوف يكتشفان ويفسران سنة 1728 و1737 . وهكذا تشكل فصل مهم في علم الفلك ، بمعظمه في مطلع القرن. وهذا قد تحقق بشكل فريد بمناسبة موضوع لم يأخذ حله الا في القرن التالي : تحديد زاوية الاختلاف النجومي .

ومفعول زاوية الاختلاف هو بشكل عام الاختلاف الذي يحصل بالنسبة الى نظام مرجعي ثابت ، للاتجاه الذي يجمع بين نقطتين تتحركان حركة نسبية . واحد عناصر هذا المفعول هي المسافة بين نقطتين . ان حد الانحراف او زاوية الاختلاف ، تستعمل من قبل الفلكيين للدلالة على الفرق الزاوي الذي من خلاله، وعن هذا البعد، نرى طولاً اتفاقياً اصطلاحياً (شعاع وسط الارض، اذا كان الامر يتعلق باجسام من النظام الشمسي، وشعاع المدار الارضي اذا كان الامر يتعلق بالكواكب). واذاً فهي فروقات او انحرافات زاوية تحدد المسافات ، التي ليس لها اي معنى دقيق على الصعيد الكواكبي، بالمعنى الصحيح للكلمة .

واذا كانت الارض تدور حول الشمس، فان الاتجاه الظاهر لكوكب قريب موجود في شمال المدار (فلك البروج) يجب ان يتلقى حركة دائرية سنوية بالنسبة الى اتجاهات النجوم البعيدة جداً عنا (والتي تكون هذه الحركة بالنسبة اليها غير محسوسة) ، وفرجة التنقل هي بالضبط درجة انحراف النجم ؛ وضمن اتجاه آخر غير اتجاه قطب فلك البروج تكون الحركة التي حصلت في نفس الحقبة اقل بساطة ولكنها اسهل حساباً . واكتشاف انحرافات الاجرام السماوية ، اي اختلاف درجتها كان وسيلة اكيدة للتثبت من مادية حركة الارض حول الشمس، اذ كان ذلك حتى ذلك الحين يقيناً رياضياً فقط .

اكتشاف الزيغان ـ كان العلماء يأملون بالتثبت من مفعول الانحراف انطلاقاً من نوع من القياس الذي يؤمن اكبر ضمان في تلك الحقبة:المسافة السمتية او الاوجية ـ وذلك في لحظة الذروة ـ لنجمة مسافتها هذه ضعيفة ، وهذا الاحتياط يخفف من دور الانكسار ؛ انها النجمة نفسها ، ٧ دراكونيس التي اصابتها التجربة طيلة 60 سنة .

ومنذ 1669 ظل هوك Hooke يراقبها ، واكتشف فيها تغييراً سنوياً مقداره ″30. تقريباً ؛ وظن انه نجح . ولكن نوعية القياسات كانت عقيمة . وبالعكس، لاحظ بيكار وهو اب علم الفلك الدقيق ، بعد ذلك بقليل ، وبالنسبة الى النجم القطبي ، لاحظ تفاوتاً سنوياً مقداره اربعون ثانية ؛ وتقرر انه ، رغم وجود هذا الفرق السنوي ، فهو لا يتفق في اتجاهه مع التفاوت الانحرافي (بارالاكتيك) .

وحصلت تأكيدات لهذا المفعول غير المتوقّع بالنسبة الى ٧ دراكونيس Draconis. وعندها في

سنة 1727 بنى برادلي خصوصاً قطعاً سمتياً (سكتور) من 4 امتار ، مزوداً بـالبرغي الخـارجي الذي سبق وصفه اعلاه : واستطاع ان يكتشف في السطح الهاجري قـوساً قصيـراً نسبياً من 12° ونصف، ولكنه كافٍ لرصد 200 نجمة ؛ اما الاخطاء في القياسات فلم تبلغ ثانيتين . وسرعان ما اكتشف برادلي تغييراً في المواقع الظاهرية لكل النجوم؛ وبعد سنة ،عادت كل الاتجاهات الى مواقعها الاولى ؛ والشيء العجيب ان فرجة الانحرافات بدت هي ذاتها . فضلاً عن ذلك شبهت الظاهرة مـا كان متـوقعاً من درجة الانحراف (بارالاكس)، اي ما يقارب من تأخير ثلاثة اشهر : ان الانحراف لم يحدث في اتجاه الشعاع شمس ارض بل في الاتجاه العامودي الذي هو بشكل محسوس اتجاه حركة الارض .

واتاحت نظرية نيوتن حـول بث الضوء لبـرادلي، ان يؤول الانحراف وكـانه النتيجـة الظاهـرة لتفكك سرعة شعاع ضوئي ساقط ولسرعة الارض اثناء حركتهـا السنويـة . وبلغ الفرق النـاتج عن الانحراف ، او زيغان الثوابت ذروته عندما كان هذان السهمان عاموديين . وهذه القيمة الذروية هي مقدار الزيغان الشمسي، او الزاوية التي تتحرك ضمنها الارض ، طيلة الزمن الذي يضعه نور الشمس ليصل الى الارض . وكان الـزيغان الشمسي معـروفاً ومقـدراً . بحوالي عشـرين ثانيـة ، وذلك منـذ الاكتشاف الشهير من قبل رومر للحركة المتتالية للضوء ، وهو اكتشاف يعود الى سنة 1675 [1]

وفي ايلول 1728 قدم برادلي تفسيراً لهذه التنقلات الظاهرية ذات الفرجة النصفية البالغة عشرين ثـانية . وظهـرت رسالتـه التي اعطاهـا للجمعية الملكيـة في لنـدن ، حـالاً ، في مجلة « فيلوزوفيكـال ترانزاكسيون » وكان لها وقع كبير. لقد تقررت حركة الارض الفعلية حول الشمس، وبشكل مختلف عما كان متوقعاً .

وفيها بعد ، ولتفسير الزيغان ، في اطار نـظرية التـأرجحات ، تم اللجـوء الى الاعيب متعبة ؛ واليوم لا يمكـن تعريف مسار الشعاع الضوئي بصورة ابسط ، اذ يتوجب تدوينه في المركب الفضائي ـ الزمني ـ المحلي ، ولم يعد تفسير برادلي كافياً : الا ان التصحيح الذي اصاب نتيجة تفسيره الجيومتري لم يكن الا من الدرجة الثانية اي 1/10000 بقيمة نسبية ، دون اي تغيير عددي طارىء .

تمايل محور الارض ـ ان البحث عن درجات انحراف الكواكب لم ينتهِ بعد. وتابـع برادلي قياساته بعد ان نقب في الملاحظات المتعلقة بالزيغان الذي اكتشفه .

وكانت الدقة البالغة جزءاً (ثانية) من الـدرجة غـير كافيـة ـ وقد عُـرف ذلك ، بعـد قرنٍ من الزمن ـ لكي يظهر مفعول انحراف الدرجة (بارالاكس)، ذلك ان النجوم الاقرب كانت بعيدة بعداً لم يكن بالامكان تصوره في ذلك الزمن .

ولكن هذا اتاح ، من مجمل الرصـودات ، اكتشاف (1737)، ثم بعـد عشر سنوات ، تحـديد تفاوت معقد مدته تساوي 18 سنة .

وهذه المدة هي ايضاً مدة الدوران ، دوران خط عقد القمـر. وقد سبق لنيـوتن ان فسر انتقال

(1) راجع القسم 2 ، الكتاب 1 ، الفصل 3 .

مكان محور دوران الارض ، بتأثير الشمس والقمر، على الانتفاخ الاستوائي في الارض. وقد استنتج برادلي من ذلك ان التأرجح، خلال 18 سنة ، تأرجحاً في الموقع النسبي لسطح المدار القمري بالنسبة الى سطح خط الاستواء الارضي ، يجب أن يُدخل تفاوتاً بذات المدة في حركة محور دوران الارض؛ واحداثيات النجوم أسندت بالتالي إلى نقطة متحركة وتتغير بصورة دورية

وقد جر تحليل الرصودات برادلي الى وضع ـ بالنسبة الى محاور مدار التأرجح (Nutation) الذي يرسمه القطب ـ مقدار "18 و"16 (وهما قيمتان مقبولتان اليوم : "18,40 و"13,8) .

الانكسار الفلكي ـ هناك ظاهرة مختلفة تماماً ولكنها تدخل بنفس الظاهرات السابقة ، في تخفيض الرصودات الظاهرية ، وهي الارتفاع الذي يصيب الشعاع الضوئي اثناء مروره عبر الفضاء الارضي . هذه الظاهرة التي تتجاوز "30 عند الافق ، لم تفت الرصاد الاقدمين ، ولكنها ظلت مقصورة على الارتفاعات الخفيفة . وعرض المنظرون الاولون ان الانحراف مستمر ، وهو تنازلي منذ الافق ، ويلتغي فقط عند السمت : على هذا كان كبلر Kepler سنة 1604 (لانه لم يكن يعرف قانون التجاويف « سينوس ») وكذلك ج. د. كاسيني J.D.Cassini سنة 1666، يوم كان ما يزال في بولونيا . ولكن دقة القياسات لم تكن تسمح بتقييم مقدار الثقة التي كان من الواجب اسنادها الى هذه النظريات .

والانكسار، الذي يتجاوز "30 عند المسافات السمتية ذات 30 درجة ، يجب اعتباره الان بصورة اصح . وبنيت على هذا جداول مختلفة . وكانت جداول برادلي، المستخرجة من سلاسل ملاحظاته الطويلة ، مقبولة في انكلترا . اما بوغر Bouguer الذي وضع جداول نصف نظرية ، فقد درس ايضاً مفعولين مهمين ، اثناء رحلته الى خط الاستواء ، هذه الرحلة التي سنذكرها فيما بعد . فقد وجد بالنسبة الى الانكسار الافقي ، فرقاً مقداره "35 بين المقدار عند مستوى البحر والمقدار المقاس في كيتو، التي تقع على ارتفاع 3000 متر تقريباً . ومن جهة اخرى فقد قبل بهبوط عند خطوط العرض الدنيا ، مقداره "7 بين خط العرض 50 وخط الاستواء؛ والواقع المقصود هنا هو تأثير الحرارة ، تأثيراً اشتبه به بوغر فقط. ومهما كانت هذه الجداول غير مكتملة ، فقد اتاحت ، بالنسبة الى المسافات السمتية الاقل من 45°، ان لا تدخل على الانكسار خطأ اعلى من مسافات الرصد بالذات .

ولا يوجد اي مشجع ايجابي لصالح نظريات الانكسار الفضائي ، عندما عالج المشكلة لابلاس سنة 1804 . وحله يجب ان لا يكون قد تغير تغيراً مثمراً ، فيما بعد، انه ما يزال مرضياً بمقدار ما يسمح به الغموض النسبي الذي حددت به الظاهرة .

IV ـ الحركات في النظام الشمسي

ليست حركات الكواكب هي التي سوف تكون موضوع بحوث شهيرة ؛ ان قوانين كبلر، التي تترجم الفعل الرئيسي ، اي فعل الشمس تمثل هذه الحركات بصورة ادق . وقد جرى التركيز ،

بالعكس، على دراسة المذنبات ، وهي نجوم شاذة ، وعلى القمر لان حركته غير المنتظمة حملت بلين Pline القديم على القول انها اي هذه الحركة تعذب افكار الرصاد ، كما حملت نيوتن على القول بانها تسبب وجع الرأس والارق .

المذنبات ـ منذ تيكوبراهي Tycho Brahé كان من المعروف ان المذنبات هي ذات تغير ظاهري غير محسوس ، وليست ضمن فضاء الأرض . وقد رسمت مساراتها ، رسماً تجريبياً : مستقيماً احياناً ومستديراً او بيضاوياً . وقد وسع نيوتن قانون الجاذبية حتى اشمله المذنبات ، ورسم مداراتها بشكل اهليلج مستطيل يشبه البارابولات في المنطقة المجاورة للشمس حيث رصدها يكون ممكناً (رصد الاهليلجات) وقدم ايضاً طريقة لتحديد المدار البارابولي انطلاقاً من ثلاثة رصودات للاتجاه ، بواسطة بناء رسمي وتقريبات متتالية ؛ وهي طريقة غير مكتملة ولكن دقتها ترضي ، نسبة الى دقة رصودات ذلك الزمن .

من المعروف ان هالي Halley طبق هذه الطريقة على تحديد مدار مذنب 1681 – 1682[1] . وقد حرص ايضاً على حساب مدارات المذنبات القديمة التي سبق ورصدت رصداً كافياً ، وقد عثر منها على 24 مذنباً . وكان منها اثنان لهما نفس عناصر الزوايا ، (مع فرق أقل من درجة، مثبتاً موقع سطح المدار وموقع محوره) التي كانت لمذنب 1682 . وكانت نقطة الراس (اي النقطة الاقرب الى الشمس في مدار المذنب) بالنسبة الى المذنبات الثلاثة ، متساوية المسافة بالنسبة الى الشمس . وكانت سنوات ظهور المذنبات وهي 1531– 1607 و1682، تتوافق بحيث تسمح برؤية نفس الشيء في المذنبات الثلاثة ، التي رسمت مداراً بيضاوياً من 76 سنة . وكانت نقطة المدار الابعد من الشمس قد تحددت بمقدار المحور الاكبر للقطع الاهليلجي ، المستخرج عملاً بقانون كبلر الثالث، والواقع ابعد عن الشمس اكثر بـ18 مرة من بعد الارض عنها، اي مرتان ابعد من اعظم مسافة تبعدها ابعد الكواكب المعروفة يومئذٍ وهي زحل .

وقد تنبأ هالي اذاً برجوع المذنب ، لسنة 1758، المذنب الذي كان رصده سنة 1681– 1682 . وكان لعودة المذنب في التاريخ المحدد ، وهو امر سوف نعود اليه، كان له وقع عظيم . وكان له ايضاً نجاح باهر بالنسبة الى نظرية نيوتن . وكان لذلك ايضاً اهمية سيكولوجية بسبب التأثيرات الغامضة ، الضارة عموماً ، التي تعزى ، بحسب المعتقد الشعبي الى اشياء تخرج ظاهرياً عن نطاق القوانين الطبيعية . هذه المعتقدات الراسخة ، قد تحطمت بعمق ، ولم تعد للظهور الا من عهد قريب .

تحديد المدارات ـ لم يوجد بعد ذلك اي مذنب دوري مكتشف قبل مذنب انكي سنة 1818 . وقد سجل مروران لهذا المذنب في آخر القرن الثامن عشر ، ولكن ظهوره لم يكن كافياً حتى يبرز للعيان . في هذه الاثناء كان العمل من اجل التعرف على المذنبات قد اعد ، من قبل البحوث المخصصة لاستكمال طريقة نيوتن من اجل حساب المدارات انطلاقاً من ثلاثة رصودات . ويعبر عن

(1) راجع أعلاه القسم 2 ، الكتاب 1 ، الفصل 3.

المسألة جيومترياً بعبارات بسيطة : العثور على مخروط ذي بؤرة معروفة يقطع ثلاثة اتجاهات محددة في الفضاء ، في نقاط بحيث تكون السطوح المكنوسة بـالشعاع السهم المنـطلق من الشمس، على طـول القوسين المحـددين على هـذا الشكل، بنسبـة معروفـة (نسبة تبـاعدين زمنيـين يفصلان المـلاحظات الثلاث) . والحل ليس جبرياً .

وحالة الحركة البارابولية ، التي كانت وحدها تهم في تلك الحقبة من اجل تطبيقها على المذنبات ، تلقت من اولبير Olbers سنة 1790، المعالجة التي مـا تزال مستعملة اليـوم ؛ والعنصر المهم في هذه الطريقة هي صيغة ، تربط ، فيما بين موقعين ، الحقبة الزمنية والاشعة ، والحبل القاطـع La corde نشرها اولـر Euler بعيد 1744. وتلقت هـذه الصيغة ، في اغلب الاحيـان ، اسم الريـاضي الذي وجدها بنفسه مستقلاً ، بعد بضع سنين، هو لامبير Lambert، الذي من مزاياه انه كان لديه الالهام بالدور المتواضع الذي تلعبه درب المجرة في قلب الكون النجومي .

وحالة الحركات الاهليلجية عولجت نظرياً من قبل لابلاس سنة 1780 ولاغرانج (1778و1783) وطرقهما المختلفة لما تستثمر فعلاً حتى اليوم ، وليس من المستبعد ان تكون طريقـة لابلاس غـير ذات استعمال مريح .

جداول القمر - ان المفعول المتبادل بين الكواكب لم يكن امراً غير محسوس. وقد اهتم نيوتن بالامر؛ بل انه اطلق الفكرة بان الاضطراب الذي تحدثه هـذه المفاعيـل في الحركـات يقتضي بصورة دورية التدخل الالهي، وفي هذا موضوع انتقاد امسك به ليبنيز . والواقع ان « الاضطراب » المنسوب الى الارتجافات محدود، ويتعلق قبل كل شيء بالقمر .

ان جداول القمر ، اللازمة يومئذ للبحارة ، كانت ذات طبيعة تجريبية في اواسط القرن التاسع عشر . فقد كان المطلوب من الارصاد تقديم كل المعاملات Coefficients المتعلقـة بالتفـاوتات التي اتاحت القياسات كشفها ، وفيما بعد معاملات التفاوتات التي قضت النظرية بتوقعها . وبنى هالي ثم ت. ماير T.Mayer جداول سنداً لرصوداتهم الطويلة المتتالية . ونشرت جداول ماير سنة 1770، اي بعد ثماني سنوات من موتـه ، وظلت لمدة طويلة قيد الاستعمال . وقد خصص البـرلمان الانكليـزي لأرملته مكافأة قدرها 3000 ليرة استرلينية عن هذه الجداول .

التسارع الزمني للقمر - بين العناصر المعقدة في حركة القمر ، يحتل التفـاوت الزمني مكـانة خاصة : فقد لاحظ هالي وهو يقارن بين تواريخ الكسوفات المدونة منذ العصور القديمة ، لاحظ سنة 1693 ان حركة القمر حول الارض تتسارع .وفيما بعد قدر ت. ماير بـ "13 ثم بـ "18، في كل قرن ، التزايد لمتوسط حركة القمر في كل قرن . ومثل هذا الحدث لم يكن موضـوع نقاش : فقـد تـرجم بتفاوت في موقع القمر بلغ درجة واحدة في 20 قرناً .

وأدى قانون المساحات الى تقلص مقابل في المسافة بين القمر والارض ، يؤدّي الى التصاقهما وهذه الكارثة وان كانت بعيدة جداً فهي تبعث على الخشية . وقد اطمأنت العقول المهتمة بأبدية ركيزتنـا ،

عندما ربط لابلاس في سنة 1787 هذا التفاوت بتفاوت ناتج عن انحراف مدار الارض عن مركزه، بعد ان حدد مقداره. وبالفعلَ ان التغير في المسافة الوسطى بين الارض والشمس ينعكس على المسافة الوسطى بين القمر والشمس. ومتوسط حركة القمر مرتبط جزئياً بهذه المسافة الاخيرة اي بالمسافة بين القمر والشمس. ويعود الامر في النهاية الى نوع من التفاوت الدوري الضعيف المدى المعزو الى الارتجافات الكوكبية في المدار الارضي. ولكن الحقبة هي من الطول بحيث ان الظاهرة، تبقى لعدة الاف من السنين واحدة بشكل محسوس.

والاتفاق بين القيمة النظرية التي وضعها لابلاس والقيمة المبنية على التجربة كان اتفاقاً كاملاً. ولكنه لم يكن الا ظاهرياً: فالحدود المهمولة في الحساب ردت فيما بعد الزيادة الزمنية الى "14؛ أما القياسات العصرية فتحمل المقدار المرصود الى "25. ومن المعروف اليوم ان القيمة المرصودة، يجب ان تجرّد، فعلاً من مفعول مهم اتاحت القيمة النظرية تقديره بدقة: فالوحدة التي استخدمت لقياس الازمنة، واليوم الشمسي الوسطي، تزداد كل قرن، لان دوران الارض يصيبه البطء. هذه الخسارة في الطاقة الحركية تعزى في معظمها الى النّو في البحار والى لزوجة الماء التي يجب ان لا تهمل. وكان الفيلسوس كانت Kant قد استشعر في سنة 1754 بهذا البطء الارضي وسببه.

مشكلة عدد الاجسام n ـ لا تنفصل الدراسة التحليلية لحركة القمر عن البحوث حول الارتجاجات، اي عن دراسة الموضوع الشهير موضوع عدد (n) الاجسام: حركة عدد من النقط المادية تتجاذب بحسب قانون نيوتن.

في حالة وجود مذنب، ذي جرم لا يستحق الذكر، تكون المسألة مبسطة: يكفي، على حدة حساب الارتجاجات التي يتلقاها المدار الكيبلري من قبل الكواكب الاكبر او من التي يقترب منها المذنب اكثر. ولهذا وضح كليرو Clairaut تاريخ العودة الى النقطة الاقرب من الشمس، للمذنب هالي، بعد الأخذ بالاعتبار تأثيرات زحل والمشتري، وحدد هذا التاريخ في 13 نيسان 1759، أي بتأخير عدة شهور عن التاريخ الذي تحدده حركة غير مرتجفة. وقد حدث المرور الفعلي قبل شهر من التاريخ المحدد، ذلك ان تقديرات اجرام الكوكبين، غير المؤكدة لم تتح دقة اكبر، رغم ما امتازت به فعلاً.

وتبدو اكثر تعقيداً المسألة المتعلقة بالكواكب التي تتفاعل فيما بينها، وكان اول مفعول من هذا النوع قد لوحظ بعد سنة 1675: فقد لاحظ هالي وجود تفاوت باتجاهات متعاكسة في حركات المشتري وزحل. وعرضت دراسة الارتجاجات المتبادلة بين هذين الكوكبين كموضوع ذي جائزة قدمته اكاديمية العلوم في باريس سنة 1748 وسنة 1752. وربح اولر Euler الجائزتين. وبهذه المناسبة ادخل الطريقة التي اصبحت اليوم كلاسيكية. والتي اطلق عليها الاسم الغريب « تغيرات الثوابت ». وتمت دراسة حل نظام المعادلات التفاضلية انطلاقاً من دراسة نظام قريب ولكنه قابل للتكامل: فثوابت مكاملة النظام الأخير، المعبر عنها تبعاً للمتغيرات الأساسية، هذه الثوابت اعتبرت كمتغيرات جديدة.

وبفضل اعمال كليرو ، ودالمبير، واولر، ولاغرانج ، ولابلاس، اصبحت المسألة ، ان لم تكن محلولة ، فعلى الاقل مطروحة بالشكل النهائي الذي يسمح بالمعالجة العددية لمختلف الحالات . ومن النتائج الرئيسية لهذا العمل الضخم نكتفي بالاشارة فقط الى بعض النتائج التي يمكن ان تصاغ ببساطة .

لقد اعطى دالمبير سنة 1749 لمبادرة الاعتدالين (Précession) تفسيراً اكثر دقة من التفسير الذي قدمه نيوتن ، واعطى للانحراف الارضي (Nutation) المحدد منذ سنتين تقريباً ، تفسيراً رياضياً ، لم يستكمله بوانسو Poinsot الا بعد مئة سنة .

ورد لاغرانج مسألة الاجسام الثلاثة الى حل نظام المعادلات الاثنتي عشرة الى تفاضليات العناصر الآنية في المدار ، وهي المعادلات التي سميت معادلات لاغرانج الكلاسيكية في الميكانيك السماوي . وهذا النظام سوف يكون اساساً لكل الدراسات اللاحقة وبصورة خاصة لاعمال لوفريه Le Verrier ؛ لقد انبثقت جداول الكواكب عنه .

استقرارية النظام الشمسي واصالته - يعتبر لابلاس ولاغرانج مؤلفي النتيجة الشهيرة حول ثبوتية المحاور الكبرى. فقد بين لابلاس سنة 1773 ان طول محاور المدارات الكواكبية لا يتغير مع الزمن بعد تقريب النظام الاول بالنسبة الى الاجرام والثاني بالنسبة الى الخروج عن المحاور او المراكز وبالنسبة الى الانحرافات ، ورفع لاغرانج ، بعد ذلك بـ 3 سنوات القيد المتعلق بالخروج عن المركز وبالانحرافات ولكنه بشكل خاص قدم اقتراحاً بتبيين مدهش في فخامته وبساطته . واذا كان من الصواب التوضيح بان استقرارية النظام الشمسي لم تتقرر بهذه النتيجة الا بشكل نسبي ؛ واذا كان بواسون قد وسعها سنة 1809 بحيث تشمل النظام الثاني من الاجرام ، فقد ثبت تماماً فيها بعد ان هذه النتيجة لم تثبت عند التقريب الثاني ، فيجب ان لا ننسى ان المسألة الحقيقية رغم قربها الشديد من المسألة الرياضية فهي تنفصل عنها حتماً بالمفاعيل الفيزيائية اكثر من بعدها عنها بالحدود المهملة في المعالجة الرياضية .

وتدرج نشر كتاب الميكانيك السماوي لمؤلفه لابلاس Laplace، بين 1799 و1825. اما نيوتن فقد دمج المعارف في عصره ، وقام لابلاس بتحليل معارف عصره . وكثير من هذه المعارف كانت ثمرة جهوده الخاصة[1]. الى جانب هذا البناء ، كانت هناك محاولة تركيبية متواضعة بشكل مذكرة ادخلت ضمن كتاب « عرض نظام الكون » (وهو كتاب نشر سنة 1796، ثم عدل عدة مرات) : وهي فرضية تكون النظام الشمسي انطلاقاً من سديم اولي اخذ يبرد بصورة تدريجية . وعلى الرغم من عدم وجود اي حساب تبريري في النص، فان العالم المثقف الذي اليه يوجه الكتاب ، قد وعى تماماً انه يوجد

(1) بعض هذه المظاهر في كتاب لابلاس سوف تعالج في المجلد التالي (القرن التاسع عشر) .

هنا ، ولاول مرة، تمثيل للكون ذو طبيعة علمية حقة[1]. فالفرضية السديمية ، التي ظلت مقبولة لمدة طويلة ، ثم انتقدت دون ان تستبدل ابداً بأفضل منها ، جددت ، من عهد قريب، في ضوء تقدم الفيزياء الكواكبية ؛ واصبحت تستند الى فرضيات علم الكون الحديثة التي تبدو اكثر قوة ومتانة .

V ـ أحجام النظام الشمسي

دلت الملاحظة على اتجاهات الكواكب ، وبفضل قانون كبلر الثالث Kepler III عرفت مسافاتها النسبية . ولمعرفة السلم الذي تجري بموجبه هذه التحركات من الضروري رد احد العناصر الى مسافة ارضية ، هو الشعاع الاستوائي الارضي، بالمناسبة ، وبالتالي قياس زاوية الاختلاف (بارالاكس) الوسطية . وبارالاكسات الشمس والكواكب تعرف من واحدة منها ، وتصبح المشكلة تحديد « بارالاكس الشمس » (بصورة مباشرة او غير مباشرة)، ان كوكبنا التابع [القمر] وحيد، وتحديد البارالاكس القمري هو مسألة ثانية مستقلة .

والوسيلة الطبيعية لقياس البارالكس هي تريغونومترية ، شبيهة بتثليث توبوغرافيين او علماء المساحة. ويجري الأمر بالنظر المتزامن الى الشيء من محطتين تكون مواقعهما النسبية محددة. وزاوية الرؤية تكون ضعيفة بحيث ان المحطات تكون بعيدة جداً . ويجب ربطها بواسطة الإحداثيات الجغرافية التي تحدّد كواكبياً .

نضيف ان البارالكس يتغير عكساً مع المسافة . ولتثبيت الافكار نقول ان البارالكس البالغ″10 تتطابق معه مسافة من 2656,5 شعاع استوائي ارضي ، اي ما يعادل 132 مليون كيلومتر .

مهمة كايان Cayenne ـ في سنة 1670 كلفت اكاديمية العلوم جان ريشر Jean Richer بمهمة علمية في مدينة كايان. ومن القياسات المهمة التي اجراها سنة 1672 و1673، نذكر هنا ملاحظاته حول كوكب المريخ الذي حصل مروره في الوجه المعاكس خلال تلك الحقبة ، بحيث كان في موضع ابعد ما يكون عن الشمس. انه ظرف مر فيه الكوكب باقصى قربه من الارض . وبواسطة قطع (Secteur) من مترين قاس ريشر فروقات الارتفاع الهاجري ، أي الميل بين المرّيخ والكواكب المجاورة. بخلال هذه الفترة كان بيكار Picard وج. د. كاسيني J.D. Cassini يعملان نفس الشيء في باريس مع نفس الكواكب . وكان الفرق في خطّ العرض بين المحطّتين يبلغ حوالي °45 .

وأتاحت مقارنة القياسات تحديد بارالكس المرّيخ بـ ″25 ، أثناء فترة التعارض .

في اقصى البعد عن الشمس (بريهيلي)، تساوي المسافة بين الكوكب والشمس 1,38 شعاع المدار الارضي. ومن جراء التعارض ، فان المسافة بينه وبين الارض هي 0,38. اي ان البارالكس

(1) الواقع أن تميل كانت Kant 1755، رغم ضعفه الأكيد يمتاز بالأسبقية ولذا يطلق غالباً على الفرضية السديمية اسم لابلاس كانت Laplace Kant .

الشمسي الذي هو بالنسبة الى بارالكس المرّيخ،ضمن هذه النسبة 0,38 يكون "5,9 (القيمةالحقيقية هي "8,8). وقبل هذا التحديد كانت كل الفرضيات حول الابعاد في النظام الشمسي من نسج الخيال الخالص.

وتمضي اكثر من ثلاث ساعات بين مرور كوكب في خط هاجرة باريس وهاجرة كايان . وميل المرّيخ يصاب بتغير أثناء هذه الحقبة من الزمن ، تغيّراً ضعيفاً ولكن معروف . أمّا انحراف القمر فإنّه يختلف بشكل كبير يجب معه إجراء رصودات متتالية عملياً من أجل التحديد الدقيق لدرجة انحرافه (بارالكس) : والمحطات يجب أن تكون على نفس خط الهاجرة . وقد جرت محاولة على أساس هذا المبدأ سنة 1704 . وكانت المحطات في برلين وفي مدينة الكاب (جنوبي افريقيا).

عملية 1751 ـ صممت عملية واسعة بشكل استثنائي ، متعلقة بالشمس(عن طريق رصد المرّيخ)، وبصورة رئيسية بالقمر ، من اجل معرفة مقابل اقصى نقطة بعد للمرّيخ عن الشمس سنة 1751، واخذ العلماء : لاكاي Lacaille في الكاب ، لالند Lalande في برلين ، وبذات الوقت ، كاسيني دي توري Cassini de Thury في باريس ، وزانوتي Zanotti في بولونيا ، وبرادلي في غرينتش، وورجونتين Wargentin في ستوكهولم ، اخذ هؤلاء العلماء يرصدون الارتفاعات الهاجرية للقمر . وأدت مقارنة نتائج لاكاي ولالند الى تحديد نتيجة ممتازة بالنسبة الى زاوية انحراف القمر بارالكس ('57 و"11 ؛ في حين أن القيمة الصحيحة هي ' 75 و"2 ("02 '57)، ولكن النقاش العام حول الملاحظات الرصدية كان صعباً ، إذ بلغت بعض القيم المستخرجة أكثر من '58 في حين أن بارالكس القمر كان منذ زمن طويل معروفاً نوعاً ما ؛ إذ من أجل إقرار قانون الجاذبية الكونية ، اتخذ نيوتن كقيمة لمسافة القمر ، ستين مرة شعاع الأرض ؛ وكانت الأعداد المقبولة في زمنه 60 أو 60,5 وهي تطابق '57 "20 و"56'50 ؛ وبمعدل وسطي لم تكن التحديدات الجديدة أكثر دقة من هذه الأخيرة .

ووجد بارالكس مارس يساوي "27و7 مؤدياً بالنسبة الى بارالكس الشمس الى قيمة "10و25؛ وقدمت بعثة كايان Cayenneنتيجة أفضل . واذا كانت بعثة لاكاي الى الكاب اكثر جدوى من نواح اخرى، فانه لا يمكن اعتبار ان عملية 1751 قد حققت في مجملها الوعود المنتظرة منها . ولكنها كانت جيدة من نواحٍ اخرى؛ فهي قد تجاوزت مرحلة مجرد التعاون بين فلكيين اجانب ، كما كان يحصل في كل زمان ، فانه من الواجب اعتبارها كاول مثل للتعاون العلمي الدولي . انما كان لا بد من مشاريع اخرى من ذات الطبيعة ، يقوم بها فلكيون ، قبل ان تشكل في القرن العشرين الاتحادات العلمية الدولية الكبرى.

مرور الزهرة ـ ان الكواكب الادنى ، وبخاصة الزهرة قريبه من الارض ، اثناء التلاقي . ولكن مرورها يحصل نهاراً ، والقياسات المتعلقة بالكواكب المراجع تكون مستحيلة . وهذه القياسات تبدو غير مفيدة في الحالة التي يصل فيها الكوكب الى حالة الاتصال ، في فترة يكون فيها الكوكب في عقدة مداره .

ويرتسم الكوكب عندئذ على صحن الشمس. وتختلف مدة المرور بحسب مكان المراقبة،

بحسب طول الوتر الذي يرسمه الاتجاه الظاهر للكوكب فوق الصحن. وهذه المدة هي العنصر الوحيد الذي يجب قياسه. وقد بيّن هالي سنة 1716 ان وضوحاً كبيراً يجب توقعه من هذه الطريقة في تحديد درجة انحراف الشمس (بارالكس) .

ومرور الزهرة فوق الشمس نادر، وهذا المرور يتم مرتين كل ثماني سنوات . وعدد مرات المرور تتالي في نهاية 113 الى 130 سنة. ومرات المرور التي حدثت سنة 1761 و1769 اجبرت الكثير من علماء الفلك على الانتقال بين سيبيريا ومدينة الكاب ومن كاليفورنيا الى تاهيتي تنقلات ليس المجال هنا لذكرها . ولكن الرحلة الاوديسية لاكثرهم سوء حَظ يجب ان تذكر .

عُين لوجنتيل من قبل اكاديمية العلوم ليذهب الى محطة بونديشري، فذهب وبعد رحلة دامت اكثر من سنة وصل لوجنتيل Le Gentil الى هذه المدينة . ولكنه لم يستطع النزول فيها : فقد كان الانكليز يحاربون الفرنسيين منذ سنة 1756 وكانوا يحتلون المدينة في ذلك الحين. وتم مرور الزهرة سنة 1761 عندما كان لوجنتيل في البحر. فقرر انتظار مرور 1769، واخذ يتجول على طول شواطىء المحيط الهندي والمحيط الباسيفيكي واخيراً وصل الى بوندي شيري سنة 1769 (بعد ان كانت حرب السبع سنوات قد انتهت) . وفاته ايضاً رصد هذا المرور الثاني بفعل مرور غيمة عارضة. وعندما عاد الى فرنسا سنة 1771 كانوا قد حسبوه قد مات : وقد اقتسم ورثته امواله .

ونتائج القياسات المجراة على المرورين كانت مختلفة . فبارالكس الشمس كان يقع بين "8 و"10 وادى نقاش الكل بـ انكي Encke سنة 1824 الى اعتماد"8 و58. وأدت التصحيحات في خطوط الطول غير اليقينية في المحطات الى اعتماد"8 و 83 في سنة 1870 . وهذه القيمة قريبة من القيمة المعتمدة اليوم والبالغة"8 و79. ولكن هذا الاتفاق كان عرضياً في الواقع .

ودلت التجربة ان العلماء قد بالغوا في احتمالات قياس البارالكس الشمسي بفضل مرورات الزهرة ، ذلك أن تقدير لحظة التماس كان صعباً . وبالعكس أن طريقة المعارضات ، المطبقة اليوم على بعض الكواكب الصغيرة التي تقترب كثيراً من الأرض تعطي نتائج ممتازة .

VI ـ شكل الأرض

النظريات الاولى ـ اضطر نيوتن ، بفعل التحليل النظري الى افتراض ان الارض لم تكن كروية : فالشكل الكروي لم يكن حلاً لمسألة التوازن النسبي في جرم متسق ذي دوران موحد الشكل . وافترض نيوتن ان الجرم يؤثر في شكل الاهليلج الدائري[1]. واثبت ، وهو يدمج التجاذب المتبادل بين الجزيئات والقوة الدافعة المركزية ، ان المدار الاهليلجي مرقق ومسطح وان التسطيح يساوي 1/230 .

(1) ويذكر اليوم أيضاً بناء على عهدة لابلاس أن نيوتن قد قبل بدون تبين قانون تغير الجاذبية الأرضية بحسب المواقع من خط العرض . ولكن هذه الملاحظة ليست ثابتة .

في سنة 1690 ظهر مضموماً الى كتاب هويجن ، كتاب « الانوار الشهير «خطاب حول سبب الجاذبية الارضية » . وقد رفض هويجن الجاذبية المتبادلة ، وقال بان كل جزيء يتلقى بصورة مستقلة جذباً نازعاً نحو المركز وثابتاً . وقد حدد بدون فرضية صورة التوازن(والمسألة هي ابسط من مسألة نيوتن : انه جسم اهليلجي مسطح ، وتسطيحه يساوي 1/578 ، وبصورة عرضية بين ان افتراض وجود جذب (نحو المركز وغير متبادل) بحسب قانون عكس المربع يؤدي الى نفس النتائج .

وهذه الاعمال لها عدة مصادر، من بينها التغيرات التي سبق الظن بها عن وجود تغيير في الجاذبية الارضية بحسب الموقع من خطوط العرض . وقد اضطر ريشر سنة 1672 في كايان الى تقصير طول رقاص ساعاته : وقد لاحظ هويجن نفسه مفاعيل من هذا النوع : وهكذا تنخفض الجاذبية عند خط الاستواء .

وتنتج الجاذبية الارضية عن الجذب بالذات (الذي هو فعل الجذب الكوني) وعن الاثر ، بالاتجاه المعاكس للمكون الشعاعي للقوة الدافعة عن المركز . وهذه القوة النازعة عن المركز تزداد عند خط الاستواء بحسب قانون معروف جداً ، ويبدو تغير الجاذبية في ملاحظات الرقاص ، كبقية او حصيلة تغير ؛ وتأثير المسافة الى مركز الارض يمكن ان يكتشف ، يومئذٍ ، ولكن كان من السابق لاوانه المبحث في هذا المفعول عن معطيات واضحة حول شكل الارض .

القياسات الجيوديزية ـ (او القياسات التي تعني بشكل الارض وقياساتها) ان الدراسة المباشرة لانحناء خط الهاجرة يتم انطلاقاً من قياس المسافة التي تفصل بين مركزين واقعين على نفس خط الهاجرة،وقياس الفرق بين خطي عرضهما ، الذي يعطي قياس زاوية عامودبهما . وشعاع الانحناء ، انحناء القوس المقاس هو شعاع الارض لو كانت هذه كروية ؛ في الفرضية المعاكسة يتغير الانحناء بحسب خط العرض الوسطي للقوس.ويكون طول الدرجة ، اي القوس الذي يختلف بعداه الاقصيان بدرجة واحدة ، اكثر كبراً واتساعاً كلما كان الانحناء اقل اي كلما كانت المنطقة المدروسة اكثر تسطحاً .

وتفسير القياسات كان موضوع خطأ من جانب البعض الذين كانوا يخلطون زاوية العواميد مع زاويات الاتجاهات التي تجمع الامكنة مع مركز الارض . وهذه العواميد او الخطوط العامودية لا يمكن تحديدها ، انما بالنسبة اليها يتطابق الطول الكبير لقوس من درجة واحدة مع منطقة بعيدة عن المركز اي واقعة في منطقة تمدد . وقد وقع ج . د . كسيني J.D Cassini بعد غيره ، في سنة 1704 في هذا الوهم وكذلك وقع ابنه جاك Jacques سنة 1713 . ولكن الخطأ زال من مذكرات كسيني اللاحقة ، وقد توقف عنده العديد من المؤلفين غير العلميين طويلاً . فقد اشتكى برنردان دوسان بيار Bernardin de Saint — Pierre الذي كان يعزي الى ذوبان الثلج القطبي ظاهرة المد والجذر ، اشتكى بعنف من الموقف اللامصدق الذي وقفه الاكاديميون « المضللون على خطى نيوتن » تجاه حجته بتمدد الارض نحو القطبين وتضمن كتابه دراسات حول الطبيعة 1784، والكوخ الهندي 1791 شكاواه . ومات غير

مفهوم ، كما هو الحال في ايامنا في ماترلينك Maeterlink وهو يدحض انشتاين Einstein .

وعلى الرغم من التقريب الضعيف في الحساب النظري الذي يهتم بالسائل المتجانس كان وجود الانتفاخ الاستوائي يقيناً بالنسبة الى نيوتن . فقد كان هذا الانتفاخ ضرورياً له لكي يشرح ظاهرة تقدم الاعتدالين . ولكن خصوم النظريات النيوتنية لم يقبلوا بها . وكان القرار الفصل متروكاً للقياسات الجيوديزية .

خط طول باريس - من المعلوم ان انجاز نظرية الجاذبية الكونية لم تكن لتحقق على يد نيوتن الا عندما تمكن سنة 1684 من تقدير صحيح للشعاع الارضي منبثق عن « درجة بيكار ». انه قوس سوردون مالفوازين Sourdon – Malvoisine، او تقريباً ، اميان باريس Amiens – Paris وطوله 1° 22′، الذي قاسه بيكار Picard حوالي 1670 . وانطلاقاً من 1683 شُرِع في تمديد القوس بشكل شمل كوليور الى دنكرك . حتى كاسيني Cassini نشر نتائج هذا العمل سنة 1720 وحللها : ان طول الدرجة يبدو اقوى بالنسبة الى قوس 6° جنوب باريس مما هو للقوس شمال ذي 2° . والفرق ليس كبيراً في الواقع من جراء درجة ضخامة اخطاء القياسات . واذا اعتبر هذا الفرق حقيقياً، فالاهليلج الارضي يصبح ممدداً . وهذا ما فعله الديكارتيون الذين انتصروا دون ان يدروا .

درجة البيرو Pérou ودرجة لابوني Laponie - ولكن سرعان ما لم يعد هناك ديكارتيون مخلصون بين الرياضيين العظام ، غير جان برنولي . في سنة 1735 عينت اكاديمية العلوم في باريس بعثة كلفت بقياس قوس خط الطول (المريديان) على خط الاستواء بالذات ، جنوبي كيتو . والحِقَ ببعثة بيرو - التي كان بوغر Bouguer ولاكوندامين La Condamine من اعضائها البارزين - ضابطان اسبانيان لتقويتها . واشتغلت طيلة ثماني سنوات ضمن ظروف شاقة ، بسبب الارض الجبلية المستعصية على التثليث ، وبسبب المناخ الذي لا يلائم الرصد النجومي ، اضافة الى الصعوبات المالية والاختلافات الداخلية ضمن المجموعة . وساعدت مثابرة بوغر على الانتصار على العوائق . والعناصر التي عاد بها سنة 1744 ، كانت مماثلة عملياً للنتائج التي حصلت عليها بعثة المقدّم بورجوا Bourgeois (1901-1906) لنفس القوس . وهذه البعثة التقت ، أيضاً ، نفس العوائق التي لقيتها الأخرى ، بل ان التحطيم المنهجي للاشارات الجيوديزية من قبل أهل البلاد كان أشد وطأة عليها .

وظن موبرتوي Maupertuis ان الاخطاء الممكنة حول النتائج لم تكن اكثر ضعفاً من الفرق الملحوظ بين درجة باريس ودرجة خط الاستواء . وقرر ارسال بعثة ثانية سنة 1736 الى قرب الدائرة القطبية . وقامت « بعثة لابوني » بقيادته يعاونه كليرو Clairaut، بانجاز قياس قوس طوله درجة واحدة، بخلال اقل من سنة (اما قوس بيرو فكانت 3 درجات) ؛ وفي سنة 1737، كان التسطيح نحو القطبين قد تقرر بصورة نهائية بالمقارنة مع طول درجة باريس (قبل انهاء عمليات خط الاستواء) ، ووصل فرق الدرجة حول 1000 متر تقريباً .

إن قيمة التسطح لم تكن قد تحدّدت بعد، وطول الدرجة بلغ وسطياً 111 كلم . وهو يزداد في

الواقع بمعدل 300م تقريباً ابتداء من خط عرض باريس حتى الدائرة القطبية . إلا أن درجة ج . كاسيني قد اعاد قياسها ابنه كاسيني دي تـوري Cassini de Thury سنة 1740، وزادت قيمتهـا 300م اما درجة لابوني Laponie، التي اعيد قياسها 1801 – 1803، فقد انقصت بمقدار 400م . وهذا يكفي للقول بان الفرق 1000م الذي حصل عليه موبرتوي Maupertuis لم يكن الا ضعيف الدلالة ، ولم يكن يتيح قياس التسطح بدقة .

واكدت بعثة بيرو ، بعد سبع سنوات ، استنتاجات بعثات لابوني . وفي التقرير الذي كتبه سنة 1748 احد الضباط الاسبان ، وردت اشارة غريبة : قبل تحليل يأخذ في الاعتبار حركة الارض ، يوجد التحفّـظ الشكلي الخالص ظاهرياً تجاه صحّـة الفرضية . واحتمالات ملاحقات محاكم التفتيش الاسبانية لم تكن يومئذٍ مستبعدة .

خارطة فرنسا ـ قام كاسيني دي تـوري Cassini de Thury، الملقب كاسيني الثـالث، اول مدير مسمى (1771) لمرصد باريس، بورشة عمل في سنة 1744 لوضع خارطة توبوغر فيـة لفرنسـا ، مرتكزة على التثليث الجيوديزي . وكانت هذه الخارطة بسلم 86400/1، اول خارطة من هذا النوع قد تحققت. وقام ابنه بعده باكمالها وتقديمها بصورة رسمية الى الجمعية الوطنية سنة 1789 . وانتهت مـع هذا الابن ، كاسيني الرابع ، سلالة آل كاسيني ، وقد ارتضى الافكار النيوتونية ، حتى ليمكن الظن ان والده قد قبلها ضمناً بعد 1740 وهو يعترف بتسطح الارض .

VII ـ كاتالوغ النجوم

يعتبر وضع الكاتالوغات النجـومية، من بـين كل الاعمـال الفلكيـة العمل الاكـثر جحوداً ، والاكثر لزوماً فالنجوم المسماة بالثوابت هي المـراجع الـطبيعية التي تسمـح بدراسـة دوران الارض ، ودراسة حركتهـا حول الشمس، وايضـاً حركـة الشمس بالـذات في الفضاء . وبتحـري العديـد من الرصودات ، التي قامت بها غالباً الأجيال السابقة يظهر أي مفعول جديد .

وهذه الوثائق الضرورية قـد تكونت بصـورة أساسية انطلاقاً من القرن 18 . وهي من صنـع الفلكيين البريطانيين .

كاتالوغات الدقة ـ تولى ادارة مرصد غرينتش عند تأسيسه فلامستيـد Flamsteed وهو اول « فلكي ملكي » . وبدون جهاز بشري، وبدون اعتمـادات، بنى على نفقتـه قطاعـاً (Secteur) من مترين . ورصد بشكل منهجي ، الكواكب والنجوم البراقة حتى موته سنة 1719 .

وصدرت طبعة عن رصوداته، ضد ارادته ، سنـة 1712، تحت ضغط من نيوتن ، الـذي عزا تمنعه عن نشر العناصر التي يعتبرها مثبتة اثباتاً غير كاف، الى سوء النية . والواقـع انه كـان بامكـانه اتلافها . وأخيراً ، نشر كتابه « هستوريا كولستيس بريتانيا » بعد وفـاته سنـة (1725) وتضمن « الكاتـالوغ

البريطاني » ، وهو كاتالوغ كبير حديث ، يعطي مواقع حوالي 3000 نجم. اما الدقة فيه فبدرجة ″10. وشكله جديد ايضاً : ان الإحداثيات الاستوائية للنجوم واردة فيه وكذلك حدود تغير الاعتدالين السنوي. فضلاً عن ذلك ، يربط رصد الشمس بانتظام مباشرة هذه التحديدات بالخطط الاساسية ويعطيها صفة مطلقة .

وخلف هالي Halley فلامستيد Flamsteed سنة 1719 . وانجز منظاراً هاجرياً ذا مرورات من 1,60م ودشن استعماله بصورة منتظمة . ووضع اول كاتالوغ للسماء الجنوبية (اوسترال) اثناء اقامته سنة 1677 في جزيرة القديسة هيلانة ؛ ولم تمكنه الظروف الجوية من رصد اكثر من 350 نجماً .

وخصص الفلكي الملكي الثالث، جيمس برادلي العشرين سنة التي قضاها في هذا المركز في رصودات هاجرية ، واحصيت بعد موته فبلغت (000 60) سنة 1762. وتولى بسيل Bessel اختصارها ونشر سنة 1818 : « فوندامانتا استرونوميا » . . . وقد ورد في هذا الكتاب ذكر لمواقع 3222 نجماً في سنة 1755. وهذا الرصودات بنوعيتها وحقبتها المتأخرة، اتخذت كاساس لكل تحديدات الحركات الخاصة بالقرن 19، وكذلك للتقديرات المتتالية لثابت تغير الاعتدالين .

واذا استثنيت كاتالوغات لاكاي (400 نجمة براقة، سنة 1757) وكاتالوغات ت. ماير (T. Mayer 1000) نجمة بروجية (Zodiacale) ، (1756-1761) ، فإن المواقع التي حددها فلكيو مرصد غرينتش، سوف تكون الوحيدة التي امكن استعمالها فيما بعد : ان استخدام المنظار الهاجري من اجل تحديد الصعودات المستقيمة يؤمن لها تفوقاً واضحاً تماماً .

ووضع توبياس ماير Tobias Mayer، مدير مرصد غوتنجن ، سنة 1716 صيغ الاصلاحات التي تسمح بمراقبة انحرافات المعدات . وكان هذا بمناسبة مربع الدائرة الحائطية ، الا ان الآلة الهاجرية هي التي استفادت منه : ان استقرار الجهاز ، في شكله النهائي، مدين جداً لهذه الفكرة ، فكرة استبدال ضابط باستعمال تصحيح ذي مفعول قابل للقياس.

احصاءات النجوم ـ تكونت الى جانب كاتالوغات المواقع الدقيقة ، جداول احصائية غنية نوعاً ما . فبالنسبة الى السماء الجنوبية austral ، كان أول احصاء ، ظل وحيداً طيلة 75 سنة ـ هو الاحصاء الذي انجزه لاكاي اثناء مهمته في الكاب ، سنة 1751 – 1752. وبخلال سنة تقريباً ، وبواسطة آلة كان لشبحينها Objectif شعاع أقل من 1.5 سنتم انجز الكشف على 10000 نجم، حتى القدْر Magnitude السابع ، وكان الكمال مؤمناً تقريباً حتى السادس. والى المحطة التي اختارها لاكاي ، ارتفع في سنة 1820، المرصد الكبير، مرصد الكاب، الذي اعتبر اهم مرصد وجد في نصف الكرة الجنوبي.

واشتمل « التاريخ السماوي الفرنسي » الذي وضعه جيروم دي لالاند Jérôme de Lalande على الرصودات المجراة بين سنة 1789 و1798 في ربع دائرة ذات فتحة من 7 سنتم ركبت في المدرسة الحربية في باريس. وكان القسم الاكبر من هذه الرصودات يعود الى حفيده ميشال دي لالاند؛ وكان

غرضها جدول منهجي حتى الضخامة التاسعة للنجوم الواقعة بين القطب والانحراف déclinaison البالغ (20°) . وتضمن هذا التاريخ مواقع أكثر من (50000)نجمة ؛ وهناك عدة مئات ـ مواقع النجوم المرئية بالعين المجردة ـ لم يسبق ان ذكرت من قبل . ورغم استعمال جهاز قديم ، فقد كانت قيمة القياسات جيدة نسبياً ، وان غير متساوية . ولكن الجدول لم يكن بالحقيقة كاملاً . ان هذا العمل المهم قد شكل أساساً لتوثيق ظلَّ لفترة طويلة بدون مثيل .

VIII ـ علم الفلك الملاحي

لم يكن هناك في القرن 17 اية وسيلة لتحديد الطول (Longitude) البحري ، فيما عدا احتساب الطريق المتبعة والسرعة المقدرة بواسطة اللوش Loch . وكانت هذه الثغرة خطيرة لدرجة ان مرصد غرنيتش ، قد انشيء (والقرار الملكي ذكر ذلك صراحة) « بغرض تحديد الاطوال لمصلحة الملاحة وعلم الفلك » .

والمسألة هي مسألة ربط الساعة المحلية ، التي يقدمها قياس ارتفاعات الكواكب، بساعة خط الهاجرة الاصلي . وبالنسبة الى هذا الاخير، لا توجد الا وسيلتان : « اما نقلها بواسطة ساعة رقاص او بواسطة كرونومتر خاص (اليوم باشارات راديوكهربائية) ؛ او رصد ظاهرة فلكية متغيرة نوعاً ما بحيث يمكنها أن تشكل مؤشراً زمنياً، والوسيلة الثانية قلما تطبق الا على تحركات القمر . وحلُّ المشكلة يتطلب بالتالي استكمالاً في صناعة الساعات ذات الرقاص ، وفي وسيمة الرصد ، ثم بناء جداول جيدة للقمر .

السكستان Sextant (السداس) ـ تترجم الملاحظة دائماً بقياساتُ للفروقات الزاوية . فوق الارض تكون التصويبات نحو اتجاهين متتالية ، وتقارن فيما بينها بواسطة دوائر مدرجة . اما فوق البحر، فان حركة الآلة تقتضي ان تكون التصويبات متتالية . وقياسات الدقة يعود تاريخها الى الحقبة التي تمت فيها امكانية رد احد الاتجاهين ، بعد انعكاسين ، ليتطابق مع الآخر .

وهذا الجهاز كان قد تخيله نيوتن سنة 1699 ، ثم حققه ونشره سنة 1731 بواسطة البصري الانكليزي هادلي Hadley . واحدى التصويبات مباشرة ، اما الاخرى فمعكوسة بواسطة مرآة موجهة، مستعادة بمرآة اخرى، ثابتة، واقعة على ممر التصويب الاول . وتعادل زاوية الاتجاهات ضعفي زاوية المرايا ، وهي تقرأ فوق قوس دائرة حسن التدريج والترقيم ، على مستوى عضادة Alidade مثبتة بمرآة متحركة ، أما طول الجهاز فيعادل ضعفي شعاع القوس . وقد أمكن التوصل إلى دقة من درجة الدقيقة في الدرجة ، منذ البداية مع شعاع لا يبلغ الـ 50 سنتم .

وكانت المعدات الأولية مثمّنات (Octants) (ان فرجة القطع المدرج تعادل ثُمن الدائرة وتتيح قياس الفرجات الزاوية البالغة 90°) . هذه المعدات سرعان ما استبدلت « بسدسيات (Sextants) بحرية » تطبق على زوايا تبلغ 120° . والآلة الحديثة لا تختلف عن هذه الا بحجم اقل بقليل والا بالحاق منظار صغير.

وقد نقلت بعثة البيرو Pérou احدى هذه الالات التي كانت تسمى في فرنسا « المعسكر الجديد الانكليزي للتفكير » وذلك بقصد تجريبها. وكان تقرير البعثة، المؤرخ من 1736، محبَّذاً جداً ولكنه غير مفيد: وعندما وصل الى باريس بعد ثلاث سنوات، كان استعمال المثمن Octant قد شاع وذاع.

ويشار انه منذ البداية، كان بعض مثمنات هادلي Hadley مـزوداً بـ Vermier، كان يسمى تجاوزاً « تقسيم نونيوس »، وهذا مختلف تماماً. مع ذلك وضـع البناؤون، وهم من المحتـرفين عمـوماً تدرجات بينها كانت تحشر، بالقراءة فوق عارضات، مقاطع segments منحرفـة، مقسومـة ومحفورة على الطرف Limbe عند مستوى كل فرجة تقسيمات تدرجية

الكرونومترات ـ تختلف الساعات ذات الرقاصات البحـرية بصـورة اساسيـة عن الساعـات الارضية، ليس فقط باحلال نابض محرك مكان الوزن، وهو عرضي، بل تختلف بمنظمها: « الحلزون المنظم» هو نابض حلزوني مثبت بجرم متأرجح بشكل حلقة دائرية هو الموازن (او الرقاص). وهذا التجهيز اقترحه هويجن بعد 1675، ثم اعتمد في بناء « ساعات البحرية » بجهود لروا Leroy، وبرتود Berthoud في فرنسا، وبجهود هاريسون Harrison في انكلترا. هؤلاء الصناع كانوا محفوزين بجوائز تقدمها اكاديمية العلوم والبرلمان الانكليزي (20000 ليرة استرلينية منحت لهاريسون Harrison في حين ان الراتب السنوي المخصص للفلكي الملكي كان 100 ليرة استرلينية).

وكان المطلوب استكمال التصريف، حتى يكون مفعوله على المنـظم ثابتـاً، وحتى يمكن تأمـين تضبيط اوتوماتيكي على طول النابض الحلزوني، تضبيطاً يعدل الاثـر الحراري الحـاصل خـلال دورة (المدة التي يستغرقها دوران قمر حول كوكب سيار). هذه المسـائل كـانت محلولة تمـاماً سنـة 1770 تقريباً. وعند التجارب في البحر، لم يتغير مسار الساعات اليومي الا ببعض الثواني اثناء سفرة من عدة اشهر وحتى من عدة فصول. واليوم، يعتبـر هامش التسامح المقبول لكرونومتر بحري ملاحي من هذا المستوى: وبالنسبة الى المسار اليومي من المقبول، بعد شهرين، تغير مقداره 1,5 ثانية.

رصـودات القمر ـ ان حـركة القمـر بالنسبـة الى النجـوم الشابتـة هي تقـريبـاً (′1) واحـدة بالدقيقتين. وهي اصعب تقديراً من حركة الابرة فـوق ميناء Cadran الكـرونومـتر، ولكنها اكـثر أمانة. ويمكن تحديد المسافات بين القمر والنجوم المجاورة (طريقة المسافات القمرية)، والسكستـان (السداس) البحري يساعد على هذه القيـاسات. ومن الادق رصـد لحظات اختفـاء Occultation النجوم وراء القمر، ولكن رؤيات النجوم البراقة تبدو فقط عارضة. اما النجوم الضعيفة، فلم تكن حسنة التصنيف في ذلك العصر.

وهذه الطرق معروفة منذ القديم. في سنة 1499، واثناء اول سفرة له، سنحت الفرصة لامريكو فسبوشي Americo Vespucci، ان يجلي بقيـاس المسافـة بين المرّيخ والقمر، بعـد فترة وجيـزة من اتصالاتها. واستعمالها مرهون بامتلاك الازياج القمرية مجدولة بحسب وقت خط الهاجرة الاساسي. ولهذا الغرض، عرضت الحكومة والاكاديميات استكمال نظرية القمر، كموضوع مسابقة اثار المنافسة

بين كليرو Clairaut، ودالمبير d'Alembert، واولر Euler وماير Mayer. وقد ساعد هذا على التقدم العام في الميكانيك السماوي . أما بالنسبة الى خطوط الطول Longitude فالطرق قلما أعطت الا دقة خفيفة ، سبقتها دقة حمل الساعة بالكرونومتر .

واليوم ، تلعب ملاحظة الاحتجاجات دوراً مهماً ، ولكنه يتعارض بحق مع الدور الذي كان لها يومئذٍ : فالوقت المحلي وقد أصبح معروفاً ، يتيح موقع القمر بربطه بسلم الوقت الموحد الذي تبنى الجداول على أساسه . وتترجم الفروقات الشذوذات غير المتوقعة ، في سرعة الدوران الأرضي ، وهي شذوذات اكتشفت حديثاً .

وبخلال العصر ، ولدت ثلاثة علوم : الجيوديزيا (او علم البحث في شكل الارض وقياساتها) وعلم الفلك ، والميكانيك السماوي التحليلي، واوجدت طرقها ، وابتكرت اجهزتها وقطفت ثمارها . واصبحت الارض ، والكواكب والمذنبات، اي العالم الذي هو حقيقي في اعيننا ، والنجوم ليست الا زينة، كائنات مألوفة . فقد وصفت جيومترياً وحددت مواضعها وحتى اوزانها .

ان قسماً من الطبيعة قد فقد سره : ولحسن الحظ ، فتح مجال جديد امام الخيال . ان انشاء التلسكوب قد تمَّ على مهل[1]، ولكن في سنة 1781 حصل و. هرشل W.Herschel بفضله على اكتشاف جسم جديد في النظام الشمسي، الكوكب اورانوس .

ان عالمنا الصغير سوف يغتني سريعاً بكثير من الاعضاء الاخرى المجهولة التي تتجاذب في متناولنا . ان العالم الثابت، عالم الكواكب سوف يحيا ويبرز بتنوعه العجيب. وكما هو الحال دائماً ، وابداً ، لقد تجدد حقل البحوث

---

(1) إن انجاز العاكسات ، والإكتشافات الكبرى التي نتجت عنها ، مثل اكتشافات وليم هرشل William Herschel سوف تدرس في المجلد التالي .

الكتاب الثاني :

العلوم الفيزيائية

يرتكز التمييز بين علوم نظرية وعلوم فيزيائية، الذي ادخلناه في هذا القسم الثالث، على درجة الريضنة العالية جداً التي وصلت اليها في القرن الثامن عشر الميكانيكا وعلم الفلك. وهما علمان، وان لم يتركا اللجوء الى الملاحظة والى التجربة ، فانهما يبدوان ، اكثر فاكثر وضوحاً ، كقطاعين خاصين مميزين في تطبيق الرياضيات، ويستحقان من جراء هذا النعت، « بالعلوم النظرية » .

وبالمقارنة ، في هذا المطلع من القرن الثامن عشر. تبقى الفروع الاخرى من العلم والتي نجمعها تحت تسمية علوم فيزيائية: مثل البصريات ، السمعيات، الحرارة ، المغناطيسية، الكهربائية ، والكيمياء ، تبقى في مراتب من التطور النظري اقل تقدماً .

وبخلال القرن ادى تقدم تقنيات الالات، وازدهار النيوتنية ، وتقدم الرياضيات الى تطور سريع في هذه العلوم المختلفة والى اصلاح بنيات البعض منها.

في مجال البصريات اذا كانت نظرية نيوتن حول الانبثاق قد عرفت نجاحاً غير منكور، فان الابقاء على نظريةمنافسة من النمط التموجي يدل، في كل حال، على عمل يونغ Young وفرنل Fresnel. وكذلك اذا كان تدخل المعادلات ذات المشتقات الجزئية قد فتح الطريق أمام السمعيات النظرية ، فانه في مطلع القرن التاسع عشر فقط تشكلت البصريات النظرية ، بمعونة البحوث التجريبية. ودراسة الحرارة، الاقل تقدماً بشكل واضح ، رأت معالمها الاساسية تتوضح واخذت تهيء صيغتها النظرية وتطبيقاتها الاولى. اما المغناطيسية والكهرباء الثابتة (الكتروستاتيك) ، رغم بقائهما في حالة من التجريب بدائية ، فقد عَرَفتا ازدهاراً بارزاً على الصعيد المعداتي ، وتشكلتا على الصعيد النظري وفقاً للنموذج النيوتني، بانتظار اختراع البطارية في بداية القرن التاسع عشر، التي فتحت الطريق امام تطورات جديدة وواسعة. واخيراً وفي الربع الاخير من القرن الثامن عشر قامت الكيمياء ، بتأثير من لافوازيه Lavoisier، بثورة عميقة ظهرت اهميتها شبيهة باهمية ما عرفه الميكانيك في القرن السابع عشر.

كان المظهر النظري لهذه التطورات المتنوعة، محكوماً بآنٍ واحد بتطور الطرق الرياضية المطبقة على الفيزياء ـ وبصورة خاصة في مختلف فروع الحساب المتناهي الصِغَر ـ ثم بتأثير التراث النيوتني المفسر

رياضيا للفلسفة الطبيعية ، أما المظهر الفيزيائي الخالص فيدل عليه الازدهار الاستثنائي الخالص للعلم التجريبي لدى الجمهور الاعظم. فقد سبق للقرن السابع عشر ان رأى تحقق الانجازات العظيمة التجريبية عند هوك Hooke وبويل Boyle، وغيريك Guericke وماريوت Mariotte، كما شهد تنظيم البرامج النظرية في الملاحظات وفي القياسات وفي التجارب عبر : أكاديمية سيمنتو، والجمعية الملكية ، والاكاديمية الملكية للعلوم في باريس. والقرن الثامن عشر، وهو يتابع في طريق العمل المخبري الجلود، رأى هذا الاهتمام بالعلم التجريبي يمتد الى التعليم الجامعي ثم الى جمهور عريض مثقف ليصل اخيراً الى الجماهير الكبرى.

وللوصول الى هذه النتيجة فسحت العبارات الرياضية القوية ، والنقاشات حول المبادىء ، افسحت المجال امام تجارب بسيطة وتبينية. ووصلت هذه الحركة ، بعد ان انطلقت من انكلترا ، مع ديساغوليه Desaguliers، ومن البلدان المنخفضة مع بورهاف Boerhaave وغرافيساند Gravesande وموشنبروك Musschenbrock، الى فرنسا ثم المانيا وبعدها كل اوروبا . وتعددت الدروس العامة في الفيزياء التجريبية، في حين ظهر العديد من الكتب حيث كانت المعارف الجديدة تبسط وتعمم عن طريق التجربة . وتطور هذا الولع ، حوالي منتصف القرن، بعد اجراء تجارب شهيرة في الكهرباء ، وفي آخر القرن، مع صعود البالونات الهيدروجينية، والمونغولفيار. الا ان هذا الاشتهار العجيب للفيزياء التجريبية ، لم يساهم الا بصورة غير مباشرة في تقدم الفيزياء . ولهذا لم تفسح الفصول التالية في المجال ، كثيراً لهذا المظهر القصصي نوعاً ما، وذلك من اجل التركيز على الجهد البطيء الرامي الى تكوين المفاهيم والى صياغة النظريات الاكثر دقة ، وبذات الوقت على النتائج الموازية والمكملة للعمل المخبري الصعب والجلود.

وبفضل هذه الجهود المختلفة التي لم تكن خلافاتها الا ظاهرية ، وبخلال القرن الثامن عشر ظهرت عدة قطاعات من هذه العلوم الفيزيائية كما تكونت وتطورت نظمها بصورة تدريجية باتجاه نظام العلوم النظرية ـ ذلك هو حال علم السمعيات والكهرباء الثابتة والمغناطيسية ، بصورة خاصة ـ في حين ان علوماً أخرى مثل البصريات والحرارة، وبصورة خاصة الكيمياء ، ظلت مرتبطة بصورة مباشرة اكثر بالبحوث التجريبية وقد عمل في بداية القرن التاسع عشر وضع الطرق الجديدة في الفيزياء الرياضية على تقوية الميل العام نحو التجريد، بتقديم ادوات اكثر قوة واكثر ملاءمة لطبيعة المشاكل الى المنظرين .

ولكن اهمية بعض الاكتشافات ، والدقة الزائدة في الادوات المستعملة، اعطت بذات الوقت حيوية جديدة للبحث التجريبي ، محافظة بالتالي على توازن ضروري بين التيارين الكبيرين في العلم الفيزيائي .

الفصل الأول :

ذيوع علم البصريات النيوتني

بناء آلات البصريات وتقدم التقنيات في القرن الثامن عشر - بخلال القرن الثامن عشر لم تتغير التقنيات الأساسية التي كانت سائدة في بناء أدوات البصريات ، تغيراً محسوساً . لا شك أنه وجدت إنجازات بارزة في تقديم الميكروسكوبات ولكن الأمر رغم كل شيء كان محصوراً في التفاصيل : فالشبحيات أصبحت قابلة للتبديل ، والبلاتينة ، والتجهيزات أصبحت أكثر كمالاً . وهذه التغيرات ساعد عليها نمو العديد من مكاتب الفيزياء .

وتباطأ صنع التلسكوبات من جراء الصعوبات التقنية التي برزت في بناء المرايا الكبيرة. وطور وليم هرشل W.Herschel الذي كان يبني بنفسه تلسكوباته ، صقل المرايا وحقق بالتالي اكتشافات مهمة اعطت دفعاً ضخماً لتحقيق التلسكوبات الكبرى الصعبة .

اكرمة « إزالة الألوان المغبشة » من الشبحيات : المبدأ والتحقيق - كان بناء الشبحيات الاكروماتية قد تأخر نسبياً فهناك عوائق في المبدأ يضاف اليها صعوبات عملية تعارض مثل هذا التحقيق .

واعتقد نيوتن انه يبين استحالة كسر الضوء بدون تشتيته. وبالتالي من العبث تحديد جمع من العدسات من شأنها كسر الضوء مع تركه غير مشتت او مفكك بالالوان . ورغم ذلك ، ومنذ 1733 بدا ان القاضي الانكليزي شستر مور هال Chester More Hall قد عثر على مبدأ العينيات المؤكرمة اي التي لا تفكك الضوء ، وهي شبحيات استطاع البصري باس Bass صنعها وبيعها. ومع ذلك فقد كانت الثقة في صدق وسلطة نيوتن كبيرة بحيث ان هذه الانجازات ظلت شبه مجهولة تماماً .

وفي سنة 1747 اقترح اولر Euler الصيغ التي تتيح امكانية الاكرمة في مجموعة من العدسات. وقد دعم قناعته بحسابات دقيقة وبتحقيق طبيعي لنظام اكرومي : العين.

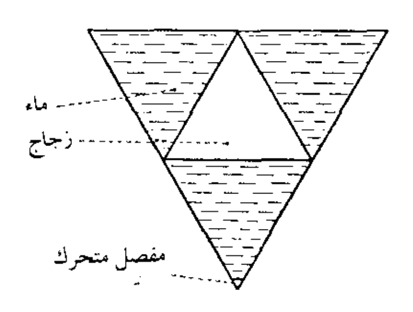
ونوقشت فيما بعد التجربة التي اقترحها نيوتن Newton من قبل كلنجستيرنا Klingenstierna 1755 الذي اكد تطلعات اولر : ان نحن جمعنا بين موشورين ، احدهما من زجاج ، والاخر ذو زاوية متغيرة ، مملوء بالماء ، فمن الممكن عند قيمة معينة لهذه الزاوية ، الغاء تشتت الشعاع المنبثق دون ابطال انحرافه (صورة 34) . ولقيمة اخرى في هذه الزاوية يمكن ، بالعكس ، الغاء انحراف الشعاع المنبثق ، مع الاحتفاظ بتشتته .

ونقلت حسابات اولر، وملاحظات كلنجنستيرنا Klingenstierna الى البصري دولون Dollond دون النجاح في اقناعه. ومع ذلك وفي سنة 1757، كرر دولون تجربة نيوتن، ووافق على إمكانية أكرمة نظام من العدسات. فبعد جمع نوعي زجاج بمعاملات مختلفة: عدسة محدودبة من الزجاج الظرّاني وعدة مقعرة من الكروان (الزجاج التاجي الشديد النقاء)، نجح في بناء أول شبحية أكرومية.

ولكن رغم هذه الاعمال من قبل اولر Euler وفوس Fuss وفيما بعد كليرو Clairaut (1761) ظلت وسائل الصنع في معظمها تجريبية. واصطدمت فضلاً عن ذلك بصعوبات كثيرة. وظل صنع الشبحيات الأكرومية، حتى سنة 1772 حكراً على دولون الذي أمن لنفسه الامتياز، وبشكل مسرف نوعاً حقّ تسجيلها باسمه.

ومن جهة أخرى، وحتى في انكلترا، بدا أن صنع الزجاج الظرّاني هو نتيجة حظ سعيد. أما في القارة فقد بقي الصنع صعباً حتى مطلع القرن التاسع عشر.

الاكتشافات التجريبية - اتاح اكتشاف التشتت الضوئي من قبل ج. برادلي J.Bradley[1]، للمرة الثانية، قياس سرعة الضوء. وبدت النتيجة الحاصلة متفقة تماماً مع النتيجة التي حصل عليها رومر قبل 50 سنة. ومنذ القرن السابع عشر كانوا يعرفون ظاهرات الفسفرة. فقد بدا، سنداً لبرستلي Priestley (1772) ان الايطالي ف. كاسيورولو V.Casciorolo في سنة 1630 قد لاحظها. وفي اواخر القرن السابع عشر ومطلع الثامن عشر اجريت تجارب منهجية حول هذا الموضوع الذي ظل رغم ذلك سرياً اذ لم تنتج عنه اية تفسيرات نظرية حاسمة. واخيراً انصب الاهتمام في القرن الثامن عشر على ظاهرات ذاتية في الأبصار، وبفضل أعمال بوفون Buffon وبوغر Bouguer ولامبير Lambert ورومفورد Rumford وهملي Himly تأسس نوع من علم البصريات الفيزيولوجي. وعلى كل حال فان القياسات كانت صعبة وتفسيرها الدقيق بقي خاضعاً لتقدير شخص لم يكن تدخله محدداً بوضوح. وكانت القياسات الاولى في المضوائية قد تحققت بفضل بوفون Buffon وبصورة خاصة بفضل بيار بوغر Pierre Bouguer (1698 - 1758) الذي درس في كتابه «بحث في البصريات وتدرج الضوء» (1728)، وفي كتابه « البصريات » (1760)، درس عناصر الانتقال والانعكاس وادخل طرقا صحيحة في القياسات المضوائية.



صورة 34 ، جهاز تجريبي لبيان امكانية الاكرمة (منع تفكك اللون) (كلنجنستيرنا، 1755).

(1) راجع بهذا الشأن الفصل حول معرفة النظام الشمسي.

واخيراً اجرى ج ـ هـ . لامبير J.H.Lambert في كتابه « فوتـومتريـا » (1760) دراسة شـاملة لمختلف المسائل المرتبطة بالتقنية الجديدة .

تأثير النظرية النيوتنية في الدوائر الفلسفية ـ في الأوساط المثقفة ، وفي الجامعات وفي المدارس كانت نظرية نيوتن قد اصبحت مقبولة بصورة رسمية . فنجاح الميكـانيك السمـاوي ، وسمعة نيـوتن العـظيمة امّنـا لبصريـاته انتشـاراً واسعاً . وانتشـرت بصريـاته في الاوسـاط غير المتخصصـة، المحبة للوضوح، والجاهلة للمصاعب العميقة في كل نظرية .

في فرنسا ، كان فولتير احد اكثر المتحمسين من تلامذة نيوتن . وقد اوضـح في كتابـه « عناصر فلسفة نيوتن » (لندن 1738) تطبيقات الجاذبية المعممة على البصريات .

وطوَّر فولتير الذي كان ينكر تماماً اصالة تقديمات مـالبرنش Malebranche، نـظرية الانبثـاق وبموجبها يتكون النور ـ النار من جزيئات صغيرة جداً لا موجب لتوضيح طبيعتها . وتمارس الجـوامد على الضوء قوة ذات طبيعة غير معروفة تتسبب بالانعكـاس وبالانكسـار . وعلى كـل ٍ ليست الاجزاء الجامدة في الاجسام هي التي تتسبب بقفز الجسيمات الضوئية من جديد. ان توسيـع المسام في جسم كثيف يزيد في لا شفافيته ، وبالعكس ان تكثيف المسام يجعل هذا الجسم اكثر شفافيـة . وفولتـير مثل نيوتن، يعتقد ان المكان الاكثر ثقلاً نوعياً يزيد في سرعة الضوء . فالشعاع الضـوئي الداخـل في الماء « يجري فيه بآنٍ واحد بحركته الذاتية وبفعل الجذب الذي يحدثه الماء فيه ». وهذا الشعاع اذن يجري في الماء بسرعة اكبر مما لو كان يجتاز الهواء .

ومن جهـة أخرى، يقبـل فولتـيربالقـول أن الأشعة تلتقي هـذه القوة الجـذبية حتى قبـل أن تلج في الماء أو في الزجاج. اذ تبدأ عندها في التكسر، وهذا امر يتوافق مع الاستمرارية التي يجب ان تظهـر بحسب رأي ليبنيز Leibniz في كل حركة. وبشكل مماثل، ان انحراف الضوء (التواؤه) الـذي يحدث عنـد مجاورة الاجسام الصلبة ، يترجم مفعولاً جذبياً لهذه الاجسام على الضوء . وبالطبع ان هـذا الجذب الذي يحدث بين الجسيمات ، وبخاصة بين الجسيمات الضوئية والحبيبات الزجاجية، لا يتبع القانون الذي يحكم حركة الكواكب. ان الجذب، عند نقطة الجذب لا يتزايد بمعـدل $1/r^2$ بل بمعـدل $1/r^3$ واكثر ايضاً . وهكذا يصبح الجذب مهماً الى اقصى حد .

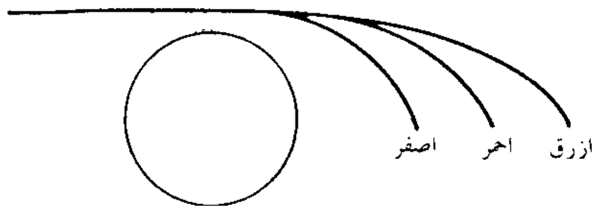
مع ذلك يقول فولتير بان المبادىء غير الجذب يمكن ان تتدخل في عمليات الطبيعة. واذا كانت الاستمرارية ، والالتصاق، والصلابة، والشعرية وربما المفاعيل الكيمـائية تبـدو له وكـانها قائمـة على الجذب كمنشأ، فان دوران الكواكب حول محور، والكهرباء ، والمغناطيسية لها سبب آخر، كان حتى ذلك الحين غير معروف. وهكذا ينشأ تمييز عملت النظريات الحالية على قلب مبدئه بشكل غريب.

خصوم البصريات النيوتنية والمنشقان : مارات Marat، غوتـه Goethe : ومع ذلك، لم تكن البصريات النيوتنية مقبولة دائماً بدون معارضة من قبل الهواة المثقفين . ان الامر يتعلق على كلٍ باراء منفردة تستبعد العقيدة بصورة رسمية ، العقيدة القائمة على بواعث قليلة الاقناع : ثقة ممنوحـة

بسرعة وتسرع لتجارب غير ماهرة ، تجاهل للروح العلمية يبدو يبوساً وتحديداً كيفياً للشخصية . نستعرض بايجاز الامثلة الشهيرة : لمارا Marat في فرنسا و و. غوته في المانيا .

كان مارا مؤسس نظرية غريبة Péridioptrique بقيت بدون عاقبة ، وكان موضوعها دراسة انحراف الاشعة المحدثة بفعل سطح الاجسام («اكتشافات . . . حول الضوء ملحوظة سنداً لسلسلة من التجارب الجديدة . . . » 1780) . وهي تقوم على نفس المبدأ الذي يقوم عليه « ديوبتريك » ولكن قوانينه تبقى مختلفة جداً . **والبريديوبتريك** يرتكز على اعتبار القوى الجاذبة : كل الاجسام تجتذب الضوء الذي يمر بقربها . ويقرب الاجسام الكثيفة تتلقى الاشعة انحرافاً (يتناسب مع الثقل النوعي السطحي) وبموجب نوع من عامل التحاب ، وبعكس مربع المسافة . هذا الانحراف الذي يبقى ظاهرة عادية نوعاً ما لا يرد الى الانحراف الذي يحدثه الانكسار .

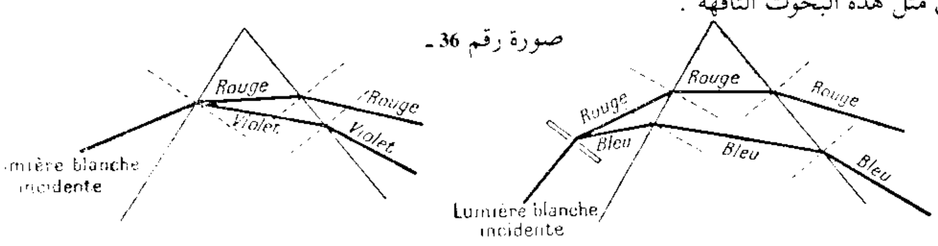
ومن جهة اخرى يتألف الضوء من ثلاثة ألوان اولية : الاصفر والاحمر والازرق، وهي تنحرف بشكل متفارق عبر الاجسام الكثيفة : فالاصفر ينحرف اكثر من الاحمر واكثر من الازرق . ثم ان الضوء يتحلل الى ثلاثة اشعة اساسية بجوار هذه الاجسام (صورة 35) .



صورة رقم 35 انحراف وتفكك الضوء بجوار جسم كثيف ، بحسب رأي مارا .

وبالمقابل ان تشتت (عبر الاجسام) الاشعة الاساسية هو ذاته . ومن جراء الخلط بين التشتت والانحراف (عبر سطوح الاجسام) عزي الى مختلف الالوان تشتت مختلف : مثلاً ، وبحسب رأي مارا ، في التجارب النيوتنية الشهيرة حول التوزع ، يتفكك الشعاع الذي يصل الى سطح موشور الى ثلاثة اشعة متنافرة بفعل اطراف الثقب الذي مرّره . هذا التفكك المسبق يجر انعكاساً مختلفاً ، وبالتالي ، انكساراً لا شبيه له (صورة 36) . ولكن اذا امكن العودة الى انعكاس مساوٍ فان انكسار الاشعة الثلاثة المتنافرة يكون متشابهاً . ويستخلص مارا ان هذه العبقرية الفذة (نيوتن) قد اضاع الوقت الكثير في مثل هذه البحوث التافهة .

صورة رقم 36 ـ



الانحراف ثم الانكسار بحسب رأي مارا — **التشتت بحسب رأي نيوتن**

واراء و. غوته W. Goethe (بيتراج سور اوبتيك، 1791، سور فاربنلهر، 1810) المعارضة لنيوتن بصورة جذرية ، تنطلق من مشاعر مختلفة جداً ، فالى حين سفره الى ايطاليا (1786) ظل غوته يؤمن بالنظرية الرسمية . واكتشافه التلوين الايطالي جره بصورة تدريجية الى الموافقة على فلسفة للطبيعة مستلهمة من تأويل رمزي من شأنه ان يجمع الانسان الى عالم محدد دون ان يخضعه لجفاف التحليل الجبري والتجريدات الكاذبة .

الا ان غوته جمع أسناداً ضخمة حول نظريات البصريات في القرن الثامن عشر . ويبدو غريباً ان يكون قد اعتمد اراء ب كاستل P.Castel (مخترع البيانو الرؤيوي Oculaire) او اراء ب. كيرشر P.Kircher؛ او أن يكون قد شارك في الحذر برناردان دي سان بيار Bernardin de Saint Pierre – فيما يتعلق بالات الفيزياء (التي تضللنا بمظهرها المتقن)، متجاهلاً بالتالي القيمة الاستلهامية والتركيبية للفكر العلمي .

وبالامكان بسهولة التعرف على الاصل الافلاطوني والافلاطوني الجديد في بعض تأكيدات غوته « تتشكل العين للضوء من أجل الضوء ، حتى يلتقي الضوء الخارجي الضوء الداخلي » . والعين تتطلب الكلية ، فتتجاوب مع الظلمة ، بالوضوح ومع الضوء بالظل ، ومع اللون بانتاج صبغة تكميلية . وهكذا تتشكل نظرية فيزيولوجية للالوان ، وتعود العقيدة المشائية الى الحياة : وتعود الالوان خليطاً من الظل والضوء يساعده تدخل الاوساط المعكرة

ان التجربة الاساسية عند غوته تقوم على تفحص حائط ابيض من خلال موشور. وتظهر الالوان الشرّابية Irisations فقط على الحواشي (وبالفعل يحدث في مثل هذه الحالة تراكم في مختلف الصور ذات اللون الواحد (Mono Chromatique). ويستنتج غوته ان حدَّ الظل والضوء مولد للالوان . وتحدث التلوينات لصالح تضاد او تعارض Antagonisme : فاللون « هو فعلٌ وتقبلٌ للضوء » .

وهكذا يترجم غوته ، مثل افلاطون ، وبشكل حرفي خالص هذه القناعة العميقة القائلة بانه يوجد فينا معادل الواقع الخارجي . « لو اني لم احمل في ذاتي العالم ، لبقيت اعمى مفتح العينين » (رسائل الى ايكرمان). تأكيد فخم ، لا تناقضه الفيزياء بل تطوره وتنميه باتباع سبل اكثر دقّة .

النظريات النيوتنية في الاوساط العلمية المتخصصة التلامذة : بوسكوفيتش Boskovich - في الاوساط العلمية المختصة معروفة هي محاسن وايضاً حدود البصريات النيوتنية ، ان غالبية ضعف النظرية قد ثبتت بفعل هويجن وليبنيز . وسوف يعمد تلامذة نيوتن في أغلب الاحيان الى ابراز صعوبات النظرية، في محاولة لتوضيح وتحسين بعض النقاط الخلافية بشكل خاص .

ومن الملاحظ نوعاً ما ان بوسكوفيتش P.Boscovich [رودزر بوسكوفيتش] Rudzer Bosko-vié (1787 – 1711) تلميذ نيوتن Newton انتقد احد البراهين المحبذة للنظرية : الانتشار المستقيم . وبين ان هذا الانتشار لم يبين بدقة ، ولا هو قابل للاثبات بدقة (ديسرتاتيو دي لومين ، روما 1749) .

وسوف يحاول ر. بوسكوفيتش R.Boskovich ، بصورة خاصة توضيح معنى نظرية الاتصالات Accès . افترض نيوتن ان اتصالات الانتقال السهل واتصالات الانعكاس السهل، تحدث بتفاعل فيما بين الجسيمات الضوئية والاثير. ومع هذه الفرضية الصادرة عن نظرية مختلطة ، تحدث تموجـات من شأنها الانتشار بسرعة اكبر ، واستباق الجسيم ، وبالتالي تأمين قبوله او رفضه . ويقبل بـوسكوفيتش بنظرية جسيمية اكثر دقة ، ولكن الجسيمات المادية تتحول الى مجمل من النقاط المتميزة بقدرة جذبية او دفعية . ان هذه المراكز القووية ، غير الممتدة ، تحاط بالتالي بكرة من العمل الجذبي والدفعي المتتالي ، تبعاً لشعاعها . وتناوبات الجذب والدفع تضغط على الجزيئات الضوئية ، وتبدو كافية لتفسير الكثافة او الشفافية ، والانعكاس او النقل. وتتبرر ظاهـرات الانكسار ، والتشتت وحتى ظـاهرات التفـارق والانكسار المزدوج بفضل نفس المبدأ. واذا لم يخضع بوسكوفيتش هذا التفسير لمقتضيات كمية دقيقة ، فـان الشروح اظهرت بوضوح الصعوبات التي تثيرها نظرية الجسيمات مـا ان يراد تـوضيح بعض نتائجها الاساسية .

المكملون لبصريـات قـائمـة عـلى الـذبـذبـات لـ . اولـر L.Euler ـ بعـد سنـة 1735 لفت اولـر الانتباه الى عدم صحة التأكيد الشهير الذي قال به نيوتن : وذلك عندما اثبت بان التشتت الانكسارية لا يتناسبان مع بعضها البعض. واستنتج اولر امكانية الحصول على انظمة بصـرية اكـرومية (اي لا تشتت للالوان فيها) .

وقد حملته افكاره الى استبعاد مقولات ديكارت ومقولات نيوتن . وقد رفض نيوتن فرضية عالم مملوء يعارض حركات الكواكب بالمقاومة . ولكن كون نيوتن المملوء بالجزيئات الضوئية التي تتحرك في كل اتجاه ، ليس اكثر فراغاً من الفضاء الديكارتي. فضلاً عن ذلك تقتضي النظرية النيوتنية فرضيات قليلة الصحة مثل بديهيات ديكارت : فانبثاق الجزيئات الضوئية يتوصل بسرعة الى استنفاد المصادر؛ والحركات المختلفة التي تقوم بها الجزيئات المنبعثة يجب ان تتناقض فيما بينها. واخيراً ان انتشار الضوء عبر الاجسام الشفافة يفترض وجود مسام مصفوفة بشكل خط مستقيم في كل الاتجاهات .

وقد حملت هذه الاعتراضات اولر الى الانضمام لنظريات الاثير المتموج . فالاثير المطاطي يدخل في كل الاجسام ويملأ الفراغ . وذبـذباتـه تحدث الاحـاسيس الضوئيـة كما تـولد الـذبذبـات الهوائيـة الاصوات . ولهذا لا تترك الاجسام الضوئية اية مادة.

« ليس الضوء شيئاً آخر الا اضطراب او زعزعة بين الجزيئات الاثيرية » . كما قال اولر (رسائل الى اميرة المانية) .

وينتشر الضوء بأسرع من الصوت لان كثافة الاثير اقل من كثافة الهواء ومطاطية اكبر. واذاً مـا هي القوة التي تحدث هذا الاضطراب في الجزيئات التي تشكل الاجسام الضوئية ؟ اننا نجهل ذلك : يعترف اولر ، ولكن لا شيء يجرح الحس السليم « ويجب ان نكون راضين عندما لا تتضمن افكارنا اي شيء مثير » .

ورؤية الاجسام الكثيفة (أي الاجسام غير المضيئة بذاتها) لا تتم بالانعكاس ، اذ لو كان ذلك لتوجب ان نرى كما في المرآة ، الجسم ينير ذاته ، وليس الشيء المنار . وصورة الشيء تتعلق بموقع الجسم المنير وبموقع الناظر . ولكنا نعلم ان لا شيء من هذا .

وتأخذ الجزيئات التي تشكل الاجسام الكثيفة ، المستكينة عادة ، تأخذ بالتذبذب تحت تأثير النور المنعكس. وكلما كان هذا الضوء قوياً ، كلما كان الاضطراب اقوى ، رغم انه أي الضوء غير مدعوم بقوة من داخله ولا يبقى من تلقاء ذاته . وهكذا تكون الاشعة المنبثقة من الاجسام الكثيفة خاصة بها . وهي تنطلق في كل الاتجاهات وهذا ما يميز ظاهرة الانعكاس .

وهناك ظاهرة مماثلة لذبذبات الجزيئات المحركة بضوء مسلط ، تحدث في السمعيات : ان الوتر المشدود يتذبذب بالتجاوب عندما يكون بجانبه وتر مماثل يحرك . وتزول الذبذبات ، الكثيفة بشكل خاص عند حصول ألفة النغم ، إذا كانت الاثارات المتلقاة هي غير متجانسة على الاطلاق . وكذلك يوجد فروقات كبيرة بين امكانات التذبذب في مختلف الأجسام الكثيفة . وبحسب تواتر هذه الذبذبات ، تُصدر هذه الكريات أشعة قذفية مختلفة تتجاوب مع تنوع أحاسيس الألوان . إن ألوان الأجسام الكثيفة لا تحدث بفعل الانعكاس الانتقائي لأشعة الشمس ، بل بذبذبات خاصة بكريات الاجسام الكثيفة التي يطلقها الضوء المسلط .

ويرى نيوتن ان الوان الاجسام الكثيفة تعزى الى امتصاصات انتقائية للنور المسلط . ويرى اولر Euler ان الالوان تنتج عن امتصاص كامل تتبعه اعادة انبثاق انتقائية تميز الجسم المضاء . وهذه الاوالية قريبة من الاوالية التي ادخلتها التفسيرات الحديثة بالنسبة الى التوهج بالفليور وبالفسفور . ويقول اولر ان بعض الاجسام الكثيفة تكون مضيئة حتى عندما تتوقف الانارة : وذلك لوجود استعداد خاص يتطور بأحداث ذبذبات . ونظرية اولر Euler اعجز من ان تزيل الصعوبات الكبرى التي احدثتها في ذلك الزمن النظرية الذبذباتية . وخصائص الأثير التي بدت له ابداعية جداً ، تقود الى القول بميزات غير واقعية . ومع ذلك فنظرية اولر تمتاز بانها تبرز الصعوبات التي تعترض نظرية الانبثاق ، وهي صعوبات يستحيل اهمالها . ان نظرية اولر ، وهي تبرز حدود النظرية النيوتنية ، تجدد مفاهيم مالبرنش Malebranche وغريمالدي Grimaldi ، وهويجن Huygens وليبنيز Leibniz . وهي قد فتحت الطريق منذ نهاية القرن الثامن عشر ، الطريق المثمر ولكن الصعب ، الذي سار فيه بعد ذلك مالوس Malus ، ويونغ Young وفرنل Fresnel .

مبدأ الاقتصاد الطبيعي ـ في نصف القرن الثامن عشر عادت الى الظهور قصة « مبدأ الاقتصاد الطبيعي » الذي وضعه فرمات حوالي سنة 1664 (راجع فصل ولادة البصريات الرياضية) . قبل فرمات رأى ديكارت بأن سرعة الضوء أكبر في الهواء مما هي في الماء ، وقد استطاع أن يبين بأن مسار الشعاع المنكسر ، هذا المسار الذي قال به قانون الجيوب (سينوس) هو أيضاً المسار الذي يجعل زمن الاجتياز أقل . ويقود إذاً مبدأ الاقتصاد الطبيعي الى قوانين صحيحة حول الانكسار ، هذا إذا تمت الموافقة على أن سرعة الضوء تكون أكبر في الأوساط الأقل انكسارية . وهذا الاقتراح كان مخالفاً أيضاً

لفرضيات نيوتن كما هو مخالف لنظريات ديكارت . وبقبول هذه النظريات يبقى نجاح مبدأ الاقتصاد الطبيعي غير مفهوم .

ولم يفصل فرمات بوضوح مبدأ الزمن الاقل عن المبدأ الذي ادخلته المقاومة الدنيا من قبل الوسط . في سنة 1682 ميز ليبنيز بعناية تعريف « الطريق الاسهل » عن مفاهيم المسار او الزمن الاقل . فبالنسبة اليه تكون صعوبة الطريق اقل عندما يكون حاصل ضرب طول هذه الطريق ، بالمقاومة المحسوسة عند اجتيازها هو ايضاً اقل . وهو اي ليبنيز يقبل بما قبل به فرمات ، بقانون الجيوب وإذاً فهو سينتهي الى نفس الصعوبة ، ان لم يتجنبها بالقول ان مقاومة المكان تتناسب عكسياً مع سرعة الضوء في هذا المكان . وهكذا ، وبعد تعريف معاملات الانكسار مثل فرمات :

(مقاومة الماء / مقاومة الهواء = 1<n ، توصل ليبنيز مع ذلك الى استنتاجات معاكسة :

السرعة في الماء / السرعة في الهواء >1 ؛ وقانون الجيوب (n > 1 ، يقضي بأن سرعة الضوء تزداد مع القدرة الانكسارية للمكان . ومع ذلك يبدو تأكيد ليبنيز والمقارنات التي تدعمه غريبة وشاذة ، فلا تستحق التأكيد ، أو الموافقة .

وفي سنة 1744 عرف موبرتوي Maupertuis الذي كان يجهل ابحاث ليبنيزLeibniz، عرف بدوره مبدأ « الاقتصاد الطبيعي » وطبقه على « كمية من العمل»[1] ، المحدث بفعل طول الطريق المقطوع مضروباً بالسرعة ، وبكثافة الجسم المتحرك (او حاصل ضرب طول الطريق بكمية حركة المتحرك الذي يجتاز هذا الطريق) . وفي حالة الجسيمات المضيئة تكون الكثافة ثابتة لا تتدخل : ان كمية العمل تكون عندئذٍ دنيا ، ويكون قانون الجيوب صالحاً إذا كانت سرعة الضوء تزداد مع انكسارية المكان Réfringence . وهكذا حمل تطبيق « الفعل » المحدد بصورة صحيحة ، فعل المبدأ المرضي ، طالما يتعلق الامر بجزيئات مادية ، حمل موبرتوي الى القول ببديهيات مضللة وذلك في ما خص نظريات الضوء .

والواقع ، ان تطبيق مبدأ الفعل الاقل على ظاهرات الضوء ، يفترض انتشاراً للموجات ويقتضي تعريفاً اعم لكمية العمل . والرابط في هذا المبدأ مع القوانين العامة ، في مجال الميكانيك ، يجب اثباته باعمال هاملتون Hamilton وجاكوبي Jacobi . الا ان لويس بروغلي Louis de Broglie وحده هو الذي استطاع ، عن طريق تعميم تلاحم الموجة الجسيم ، ان يوضح معنى وحدود المبدأ القديم ، مبدأ الاقتصاد الطبيعي الذي اصبح قانون العمل الثابت .

---

(1) راجع الفصل الثاني من هذا القسم .

الفصل الثاني :

السمعيات من القرن السادس عشر إلى القرن الثامن عشر

يستحق علم الاصوات التفاتة خاصة بخلال القرن السابع عشر والثامن عشر . رغم ان تشكل الذبذبات الطولية في الهواء بشكل موجات صوتية قد عرف منذ العصور القديمة كما يشهد بذلك هيرون Héron، فان اليونانيين قد اكتفوا بالبحث عن العلاقات الوسيطة التي تسمح بمقارنة الاوتار المرنّة من الناحية الموسيقية . لا شك انهم نقلوا الفكرة بان الصوت مرتبط بالصدمات وبالحركات التذبذبية السريعة جداً والتي تنتج عنها، الا انهم رغم ذلك لم يؤسسوا دراسة في طبيعةالصوت وبخلال القرن الـ 17، وبالتساوق مع الميكانيك الذي هو اصل ، منه فرع علم الأصوات، تحرر هذا العلم من الفن الموسيقي ليصبح علماً حقيقياً حول الظاهرة الصوتية .

الاوتار المتذبذبة ـ ومع العلم بالارث القديم ، كان من الطبيعي العثور على مسألة الاوتار المتذبذبة ، في المطلع الاول من البحوث النظرية حول انبثاق الصوت . وكان غاليليه Galilée، في كتابه ديسكورسي 1638 هو الذي اعلن فكرة التواتر في ذبذبات الوتر ، وهو الذي ميز بين الارتفاع النسبي في صوتين نسبة الى تواترهما وبين اخيراً كيف ان تواتر وتر متذبذب يتعلق بطوله وبشده ثم بنوعه او جرمه . وبذات الوقت تقريباً حدد ب. مرسين P.Mersenne. عن طريق التجريب ان اعداد الذبذبات في وترين من نفس الطول ونفس الشد تتناسب في ما بينهما تبعاً للجذر التربيعي لجرميهما Masses، وان نفس الاعداد تتناسب مع الجذر التربيعي للاوزان الشادة . ولاحظ ان وتراً مشدوداً يسمع ، اضافة الى النوتة الاساسية ، ما اسماه جوزيف سوفير Joseph Sauveur (1653 – 1716) الهرمونيكات العليا ، ولكنه لم يكتشف سببها .

هذا الاكتشاف الذي اقتضى دراسة للحالة التذبذبية في الوتر انجزه الانجليزي و. نوبل W.Noble وت. بيغوت Th. Pigot وعرضه واليس Wallis سنة 1677. وطوره بشكل مستقل سوفير Sauveur سنة 1700 الذي جرب مستعملاً الورق للقياس وحدد بالتالي موقع العقد والجيوب في الذبذبات فوق الوتر المرتجف . وشكّ بمفهوم الموجات المتوقفة واستعمل ظاهرة النبضات ، والرنين

Resonance مقرراً العلاقة مع ملاحظات اخرى حول انابيب الاورغ[1] ولم تمنعه بدائية نظريته من اكتشاف العلاقات البسيطة في الذبذبات المسموعة ، الى جانب النوتة الاساسية ، من وترٍ يتذبذب ، وقد اسمى هذه الاجراس بالهرمونيات العليا .

وعلم كـاري Carré (1709) وفيليب دي لاهير Ph. de la Hire (1716) ان الصوت الذي يحدثه الوتر يأتي عن « ارتجاف » الخلايا ، ارتجافاً تحدثه الذبذبات ، في حين ان نيوتن في كتابه برنسيبيا يرى ان الذبذبات في الوتر هي المولدة المباشرة للاصوات . وفي حين بدأ العلماء يطرحون بصورة جدية مسألة طبيعة الصوت ، ويترددون حول المبدأ الواجب اعتماده ، اخذت تتضاعف البحوث النظرية حول الحالة الارتجافية في الاوتار المرتجفة ، وشكلت فصلاً مبدعاً في الميكانيك العقلاني . وفي سنة 1715 شرع بروك تايلور Brook Taylor في تطوير النتائج التي حصل عليها مرسين وحدد تواتر الارتجاف الاساسي في وتر مرتجف .

وتوصل الى نتيجة تعادل المعادلة الحديثة : $n = \frac{1}{2L}\sqrt{\frac{T}{m}}$، حيث L يساوي طول الوتر وT تساوي الشد وm تساوي الكثافة الطولية وn تساوي تواتر الذبذبة .

واستنتج جان برنولي Jean Bernoulli، مخطئاً، ان منحنى الذبذبات هو اهليلج . ووضع ابنه دانيال المعادلات الاولى التفاضلية للمسألة دون ان يستطيع دمجها بشكل متكامل . ودالمبير d'Alembert هو الذي شرح ودمج سنة 1747، المعادلة الاساسية بالمتفرعات الجزئية :

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = a^2 \frac{\partial^2 y}{\partial t^2},$$

وفيها y = الفرق العارض في خلية ذات سينية x على الوتر وهو فرق تابع بآن واحد لـ x وللزمن t

وتفسير الدالتين العفويتين ، المتدخل في حل هذه المعادلة ، ادى الى مناقشات طويلة ساهمت في التطور السريع في نظريات المشتقات الجزئية . وقد لعب فيها اولر ودالمبير ودانيال وبرنولي ومونج ولاغرانج وفورييه دوراً اساسياً . وعالج دانيال برنولي ولاغرانج الدراسة النظرية للانابيب المتذبذبة في حين انه بفضل دانيال برنولي واولر معاً درست الظاهرات التذبذبية المتنوعة جداً مثل : القضبان والحلقات والاجراس والطنابير ، درست دراسة رياضية ، واعطيت لها بالتالي تمثيلات واحدة ، مستقلة عن كل نظرية حول الصوت . هذا الترييض قدم لعلم الصوت أداة أساسية .

ودراسة الحالات التذبذبية لم تبق نظرية خالصة وتسببت بالعديد من محاولات التثبت التجريبي .

---

(1) إن ظاهرة النبضات قد استعملها سوفير Sauveur لكي يوجد مقياساً للتوتر ولكي يحدد ارتفاع أية نوتة . وفي منتصف القرن الثامن عشر أشار سورج وروميو وتارتيني Sorge, Romieu, Tartini إلى إمكانية الحصول على ظاهرة النبضات ذات التواتر الموسيقي (فرق التواترات والأصوات التي تتداخل) .

وجرت بصورة منهجية في آخر القرن الثامن عشر على يد ارنست فردريك كلادني Ernst Friedrich Chladni (1756 – 1827) واثبتت ، الى جانب الارجحات الاعتراضية في الاوتار ارجحات طولية وارجحات انجدالية . ودرس كلادني أيضاً ذبذبات (معيار النغم) أو الأزاز ، ولكي يتحكم بملاحظات أولر حول ارتجافات الجلود ، استخدم كلادني الطريقة التي من شأنها إظهار الخطوط العُقدية فوق الصفائح المرتجفة بعد رشها بالرمل . كما أجرى تجاربه أيضاً على الأجراس المملوءة بالماء ، وكانت الحالة الارتجافية في الجرس المحكوك تظهر بواسطة الموجات فوق سطح الماء .

الموجات الصوتية ـ واخذت فكرة الموجة وفكرة انتشار ظاهرة تتبع الحركة المسماة تماوجية ، اخذت تتجسد بصورة تدريجية ، بخلال النصف الثاني من القرن السابع عشر . وقدم هويجن في كتابه (حول الضوء سنة 1690)عرضاً شكلياً ، ولكن الافكار التي صاغها كانت من قبل معروفة بالسمع منذ عدة سنوات . وتكلم غريمالدي Grimaldi في كتابه «فيزيكوماتيزيس» 1665، عن التشابه بين موجات الماء وانتشار الضوء . اما ب . انغو P.Ango فقد كان اكثر وضوحاً في كتابه « اوبتيكا » الذي نشره سنة 1682 سنداً لمخطوطة عن ب . باردي P.Pardies متعلقة بالضبط بالحركة التموجية :

« انها الحركة الشائعة الان بين فلاسفة هذا الزمن الذين يقارنون بين الانتفاخات والانقباضات في الهواء والتي طلبها ارسطو من اجل احداث الصوت ، مع وبين الموجات التي ترى مرتفعة فوق سطح ماء هادىء عندما يرمى فيه حجر » .

وتشبيه موجات الماء ، هو اذاً باعتراف ب . انغو مطبق بالدرجة الاولى على الظاهرة الصوتية . ثم هو يطبقه على الضوء ، والتميز الوحيد بين الصوت والضوء يأتي من ان الضوء يتطلب ذبذبات اكثر سرعة ، ووسطاً تذبذبياً مساعداً على انتشارها ، اكثر رهافة من الهواء ، وهو الاثير . ولم يغير هويجن شيئاً في هذا التصور ، وقد ساوى بين الصوت والضوء باعتبارهما مكونين من تموجات طولية ولكن الضوء هو الذي يهمه ، ونظريته التأرجحية لها قليل من التأثير في تطور السمعيات . اما نيوتن ، وان لم يهدف بالضبط الى الموجات ، فانه في كتابه « المبادىء » يمثل الصوت وكأنه صدمات تنتشر من خلية الى خلية ، وبشكل موحد في جميع الاتجاهات ، ويشير ايضاً الى ان سرعة الانتشار تتناسب مع حاصل قسمة الجذر التربيعي للمطاطية على الثقل النوعي . وهذه الصيغة سوف لن تجد تأكيداً لها في التجربة إلا عندما أحل لابلاس فيها المضغوطية الكظمية محل المضغوطية متساوية درجة الحرارة وذلك في سنة 1826 . وفي حين بقيت النظرية التأرجحية وبقي تطبيق الحساب على الظاهرة الصوتية ، في الحالة الجنينية ، رغم الالهامات الموفقة واللقاءات المساعدة عرضاً ، رغم كل ذلك تم اكتساب عناصر أساسية في أواخر القرن السابع عشر .

وبين أوتو غيريك Otto de Guericke مخترع الالة الماصة للهواء سنة 1650، ان الصوت بعكس الضوء لا ينتشر في الفراغ . واكمل بويل Boyle ودنيس بابان Denis Papin وهوكسبي Hauksbee، هذه التجارب وبينوا ان الهواء هو الذي ينقل الذبذبات الصوتية .

ومع ذلك فانه في سنة 1779 فقط اثبت بريستلي Priestley ان زخم الصوت المنقول بواسطة

الغاز يتناسب مع كثافة هذا الغاز او ثقله النوعي بالاحرى وجرب درهام Derham سرعة الصوت على اساس مفاهيم نيوتن فلاحظ ان هذه السرعة غير مرتبطة بالزخم ، بل انها تكون اكبر باتجاه الريح اكثر مما هي بعكسه . واخيراً جرى البحث حول ظاهرة الصدى ، وجرت محاولات لاستخدامه (مرسين) من اجل قياس سرعة الصوت . واخترع مورلان Morland سنة 1671 ناقلة الصوت ، ولكنه شرحها خطأ بانها انعكاسات حول اطراف الانبوب . اما الاستنتاج الذي فرض نفسه امام كل هذه الوقائع ، فقد عبر عنه ب. انغو P. Ango بقوله : « يوجد في الصوت شيء اخر اكثر من الصفة الخالصة » كما اراد ذلك السكولاستيكيون ، وهذا الشيء هو الذبذبة والأرجحة في الهواء . ورغم التعابير غير الكافية فان التمييز بين زخم الصوت (اي مدى اتساع الذبذبات) وارتفاع الصوت اي تواتر الذبذبات ، قد عبر عنه ايضاً ب. انغو بدون غموض ، وهذه الشهادة تدل على ان تحليل الصوت يسير في دربه الصحيح .

واكمل القرن الثامن عشر هذا التحليل في عدة نقاط مهمة . وفي سنة 1738 قدمت اللجنة المسماة من قبل الاكاديمية الملكية للعلوم في باريس والمؤلفة من جاك كاسيني Jacques Cassini ومرالدي Maraldi ولاكاي Lacaille من اجل قياس صحيح لسرعة الصوت ، نتائج أعمالها: 173 قامة أي 337 متراً في الثانيةوهي نتيجة افضل بكثير من النتائج التي قدمها في السابق مرسين Mersenne وغاسندي Gassendi وبوريلي Borelli وفيفياني Viviani. ان التركيب الجيومتري مع سرعة الريح ، واستقلالية الضغط وتزايد السرعة مع الحرارة، تلك هي العناصر الاخرى التي قدمتها هذه اللجنة ، التي لم تحسن نتائجها الا في القرن التاسع عشر .

ولان مطاطية الماء كانت منكورة وكذلك مطاطية السوائل عموماً ، كانت ترى استحالة انتشار الصوت في السوائل في اواخر القرن السابع عشر . وفي سنة 1743أثبت نوليه Nollet ان الصوت ينتقل ايضاً بالماء . وعندما غطس في نهر السين لاحظ انه يسمع الاشارات الصوتية بنفس ارتفاع الصوت انما بزخم مختلف . وعندما استعمل الماء المنقى من الهواء بين نوليه ان الصوت لم ينقل بواسطة الهواء المنقول في الماء . وفي سنة 1791 بين بيرول Pérolle بواسطة تجارب متنوعة ان الصوت يذهب الى ابعد في اي سائل منه في الهواء . ومن جهته قام كلادني Chladni بقياسات غير مباشرة لسرعة الصوت في اجسام متنوعة وفي غازات متنوعة .

وهكذا تبدو حصيلة القرن الثامن عشر بعيدة عن الاهمال : معرفة اكثر وضوحاً بانتشار الصوت في الهواء ، ثم اثبات استقلالية تواتر الذبذبات بالنسبة الى مكان النقل . وبدت طبيعة الصوت في اواخر القرن الثامن عشر وكانها متميزة بصورة أساسية بالحالة الارتجافية ، وكانت الارض قد اصبحت ممهدة : دراسة ظاهرات التشابك ، والرنين، ثم تحليل الاصوات المعقدة المؤلفة من تراكم عدة اصوات بسيطة او هارمونيكا ، وعن ذلك تنتج فكرة الجرس ، كل ذلك اصبح ممكن التنفيذ[1] .

---

(1) إن دور الهارمونيك في الجرس سبق إليه رامو Rameau سنة 1726 وفهمه بوضوح مونج Monge حوالي 1780 ولكن هذا الإكتشاف بقي مجهولاً طيلة قرن من الزمن حتى جاء هلمهولتز Helmholtz.

الصوت البشري - اشار افلاطون Platon في « قوانينه » ان الصوت البشري يجب ان يعتبر ايضاً بحسب قواعد الهارمونيا الموسيقية وان الاصوات الحنجرية تتميز بحسب اجتماع النغمة العالية والنغمة العميقة . ولكن دراسة الصوت لم يكن بالامكان مباشرتها قبل توضيح تحليل الصوت . ولاحظ صموئيل ريهر Samuel Reyher (ماتيزيس موزيكا 1619) انه يسمع في الصوت ، ليس الصوت الاساسي فقط ، بل ايضاً الهرمونيك . وأخذ رامو Rameau هذه الفكرة (النظام الجديد للموسيقى النظرية ، 1726) واخذ يجري تجاربه على احرف المد المغناة ثم اجرى تجربته الاولى حول التحليل الصوتي واكد هيلوغ Hellwag في رسالته في توبنجن (1780) Tubingen وفلورك Florke (1803 – 1804)، اكدا الواقعة التي قبل بها ريهر Reyher بان الاصوات الخاصة بالتجويف الحلقي تختلف باختلاف احرف المد المتنوعة .

واقتصر على هذه العناصر تقديم القرن 17 و18 لمعرفة الصوت . وللذهاب الى ابعد ، كان من الواجب اكتشاف وجود اوتار صوتية ومعدات تجريبية خاصة : المرنان الذي يتيح تمرين الاذن من اجل تحليل الاصوات وتمييز الهارمونيك العليا .

الاذن - وكان الاول الذي حاول تحديد حدود الاستماع في الاذن هو سوفير Sauveur (1700) . وقد اهتم اولر Euler ايضاً بهذا الامر (تنتامن نوفا تيوريا موزيكا، بطرس برغ 1739)، كما لحظ الصعوبة المتوجبة بسبب التغييرات تبعاً للمراقبين . وكانت النتائج اقل اهمية من الحدث، حدث التعبير عنها، بمجرد ارتفاع الاصوات ، وهذا دليل جديد على الانتباه لهذا العنصر المميز . وبانتظار اكتشاف اوالية الاستماع جرت عدة دراسات حول تناغم وتنافر الأصوات بخلال القرن الثامن عشر قام بها اولر ، وتارتيني Tartini (كتاب الموسيقى ، 1754) ودالمبير d'Alembert (عناصر الموسيقى ، 1762) . ولكن هذه الدراسات اقتصرت على اعتبارات حول العلاقة البسيطة في تواتر الذبذبات التي تسمع بآن واحد .

وفي النهاية لم تجد الاداة الرياضية التي اعدتها الدراسات حول الاوتار وغيرها من الاجسام المرجرجة لم تجد تطبيقها الكامل في الظاهرة الصوتية في القرن الثامن عشر . ولكن الاتصال مع الدراسات الفيزيائية حول طبيعة الصوت الذبذباتية ، بصرف النظر عن الوسط الدعامة هو الذي اتاح منذ مطلع القرن التاسع عشر ، الانجاز الرياضي بفضل سلسلات فورييه Fourier في تحليل الصوت ثم نشوء علم حقيقي حول التطبيقات المتعددة .



الفصل الثالث :
الحرارة في القرن السادس عشر إلى القرن الثامن عشر

ان اهمية الطاقة الحرارية في حياة البشر ضخمة واكيدة . انها في البداية حرارة الشمس . العنصر الاساسي اللازم لكل حياة نباتية او حيوانية ، عنصر يؤمن تتالي الفصول ، وتوزيع المناخات وتغيراتها . وهناك ايضاً النار التي قلب الاستيلاء عليها ، باعتباره احد اول واكبر الانجازات التقنية التي حققها الانسان ، قلب ظروف التغذية البشرية وأتاح ولادة وتطور تقنيات اساسية مثل السيراميك والتعدين .

ولكن بمقدار اهمية هذه الظاهرات على الصعيد العملي ، بمقدار ما تبين تحليلها دقيقاً وصعباً . والسبب الرئيسي في هذا الوضع الذي جرّ وراءه ازدهاراً متأخراً جداً في ما يتعلق بدراسة هذه الظاهرات دراسة نظرية ، هذا السبب يكمن في صعوبة عزل العناصر الاساسية وتكوين مفاهيم عنها وهي : الحرارة وكمية السخونة . وتدخلت هذه العناصر ضمن اطار فيزيائي معقد للغاية تتداخل فيه الاسباب والمسببات ، وتدخل فيه مختلف مجالات الفيزياء (الميكانيك ، تغيرات الحالة ، البصريات ، الكهرباء الخ)، الكيمياء (الاشتعال ، والتفاعلات المختلفة)، الفيزيولوجيا (السخونة الحيوانية) ثم السيكوفيزيولوجيا (مفهوم الحار والبارد) حيث توجد عوامل اخرى متقارنة ومندمجة بصورة حميمة فيها .

والاهمية المعطاة « للنار » تبدو من خلال المكانة المميزة التي تحتلها في كل الانظمة الكونية والفيزيائية التي وضعت بخلال العصور القديمة . والنظرية الامبيدوكلية ، وقد صيغت في القرن الخامس قبل المسيح ، وهي تقوم على العناصر الاربعة : ماء هواء نار ارض ، سوف تظل تحتل مكانة واسعة حتى نهاية القرن الثامن عشر . واعتمد ارسطو هذه النظرية بعد ان اكملها. وأكد وجود سمات اساسية : زوجين من الصفات المتناقضة الحار والبارد والجاف والرطب ، واجتماعها غير المتناقض يتطابق مع العناصر الاربعة (مثلا النار حارة وجافة ، الهواء حار ورطب الخ). وحرارة جسم ما ، (او مزاجه) تدل على النسب التي تنوجد من هذين الزوجين من الصفات الاساسية . هذا المفهوم المعتمد بشكل شبه عام حتى عصر النهضة استكمل على الصعيد الطبي بالتمييز - المكمل والنوعي الخالص - الذي ادخله غاليان ، وفيه الدرجات الاربع الممكنه في الحار والدرجات الاربع في البارد . وإذاً فقد كان من غير الوارد التطلع الى انقاص الصفات الاساسية او ردها الى مفاهيم اخرى قابلة

للتكميم . وعلى الرغم من ذاتيته ومن محدودية تطبيقه ، ظلَّ الاحساس السيكوفيزيولوجي بالحار والبارد حتى القرن السابع عشر التقدير الوحيد لمفهوم الحرارة ، وكذلك للفحص الطبي كما للرصودات المتعلقة بالارصاد الطقسية والفيزيائية .

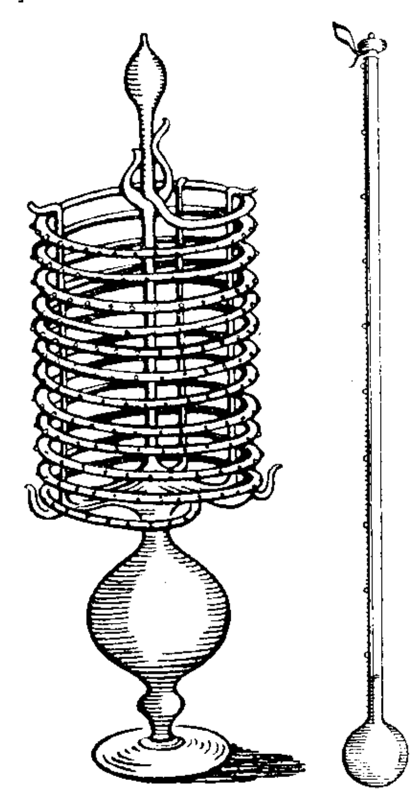
I ـ بدايات القياسات الحرارية (الترمومترية)

الرواصد الحرارية على الهواء Thermoscope (ترموسكوب) ـ منذ العصور القديمة لوحظت بعض مفاعيل تمدد الاجسام الصلبة والسوائل وكذلك طبق التوسع الحراري للهواء ولبخار الماء على عمل بعض الالات المبتكرة المستعملة في اغلب الاحيان كالات تسيير ذاتي. من ذلك ان فيلون البيزنطي Philon de Byzance (القرن 3 و2 قبل المسيح.) وهيرون الاسكندري Héron d'Alexandrie (القرن الاول قبل المسيح؟)، وصفا في كتابيهما عن «البنوماتيك» انواعاً من الموازين لرصد الحرارة تتيح التثبت من سخونة وبرودة الهواء الموجود ضمن بالون . ولكن يبدو ان اية عملية لتتبع الحرارة لم تحصل بهذه المناسبة . وفيلون ، بهذا الشأن ، رغم تأثره باوالية ديموقريط ، التي وصلته بواسطة ستراتون Straton، يرجع بوضوح الى النظرية الارسطية حول المزايا والصفات . الا ان قيام كوماندينو Commandinoسنة 1575بنشر ترجمة لاتينية لكتاب هيرون«بنوماتيك»، اعاد ذكر هذه الالات الى الاذهان ، في الحين الذي كانت فيه مبادىء الفيزياء الارسطية ، موضوع جدل جدي . وانه لَذو دلالة ان يكون غاليلي الذي يعتبر وكأنه اول من اعاد اكتشاف ميزان الحرارة (ترموسكوب) حوالي 1592 : في حين ان احد النصوص الغاليلية النادرة التي ترجع بوضوح الى هذه الالة ، قد شجبت التميز الارسطي بين الحار والبارد باعتبارهما صفتين اساسيتين .

وكان سنتوريو Santorio، وهو من المتحمسين للطرق الكمية في العلوم البيولوجية ، من اوائل الذين استخدموا قبل 1612 سلماً ترمومترياً لقياس الحرارة . وهذا السلم المحدود بنقطتيه القصويين : (درجة حرارة الثلج ودرجة حرارة لهب شمعة) يتضمن ترقيماً تدرجياً متساوي التقسيمات الدسيمترية (العشرية). وقد حطم سنتوريو Santorio، وهو يستخدم هذه الالة من اجل تقدير درجة الحرارة البشرية لغايات طبية ، حطم المعتقد القديم القائل بان الجسم البشري يكون في الليل اكثر برودة منه في النهار. وهناك موازين لرصد الحرارة (ترموسكوب)، مستوحاة من نماذج فيلون وهيرون او سنتوريو قد وصفت من قبل العديد من المؤلفين في ذلك الزمن امثال : ك. دريبل C.Drebbel (حوالي 1600)، فرنسيس باكون Francis Bacon (1620)، ج. لوريشون J.Leurechon (1624)، ر. فلود R.Fludd (1638)، آ. كيرشر A.Kircher (1641)، و. غيريك O.de Guericke (1672) الخ . ولكن الترموسكوب الهوائي ، والذي سمي خطأً من قبل لوريشون بالترموماتر او ميزان الحرارة لم يكن الا الة قياس قليلة الامانة ، وحساسة بآن واحد تجاه تغيرات الضغط الجوي كما تجاه تغير الحرارة. وخطورة هذا العيب الاخير اكتشفت بخلال الارصاد البارومترية الاولى ، من قبل باسكال Pascal سنة 1648 كما اشار اليها مجدداً بويل سنة 1662 . وبعد اكتشاف هذا الشكل من العيب، الموجز جداً

حلت موازين الحرارة ذات السائل (ترمومتر) محل الترموسكوب الهوائي .

موازين الحرارة الاولى ذات السائل (ترمومتر) - كانت الاشارة الاولى الى ترمومتر ذي سائل قد وردت في كتاب ارسله جان راي Jean Ray الى مرسين في اول كانون الثاني سنة 1632 .وهذه الالة البدائية هي مجرد نقل للترموسكوب الهوائي . وهي تقتصر على بالون مملوء بالماء يعلوه انبوب رفيع جداً مفتوح في طرفه الاعلى . وبعد عدة سنوات ، وقبيل 1650 وضعت نماذج اكثر كمالا في فلورنسا في محيط دوق توسكانا الكبير . وكان السائل المستعمل في هذه الترمومترات هو روح الخمر (الكحول المخلوطة بالماء) وكانت الانابيب - بعضها مستقيم ، يحمل التدرجات الفعلية ، وبعضها الاخر بشكل دائري حلزوني ، ويوضع في الصالونات - مُسكرة باحكام حتى لا يتبخر السائل ، وكانت تحمل سُلَماً مرقماً مصنوعاً من حبيبات زجاجية ، تسمح بتتبع درجات الحرارة (الصورة 37) . ولكي يتاح الاستعمال المنهجي هذه المعدات ، من اجل غايات الملاحظة الارصادية او العلمية ، كان لا بد من تأمين امكانية المقارنة فيما بينها . ولهذه الغاية حدد علماء فلورنسا النقطتين القصويين في مقاييسهم(درجة الحرارة الشتوية الدنيا ، درجة الحرارة الحيوانية) وقسّموا المسافة بين النقطتين الى عدد ثابت ذي اقسام متساوية ، مما يقتضي توحيد اتساع (كاليبرا) الانبوب البارومتري . وأتاحت الملاحظات الرقابيه . محراة مثلاً في الثلج الذائب ، التثبت من النتيجة الحاصلة . وهناك حالات اخرى استخدمت فيها « نقطة ثابتة واحدة » ، اما الترقيم فقد تم بالتعرف التجريبي على معامل التمدد في السائل الترمومتري ، وبمعرفة العلاقة بين الاحجام الداخلية للخزان ولقسم محدد من الانبوب .



صورة 37 - نموذجان لميزان حرارة وضعنها أكاديمية سيمنتو نحو سنة 1660 (متحف تاريخ العلوم في فلورنسا) .

واستخدام هذه الموازين الحرارية من قبل أكاديمية سيمنتو ، في إطار الجهد التجريبي الواسع الذي قامت به بعد 1657 [1] أتاح لها شهرة كبيرة .

(1) إستعمل علماء فلورنسا أيضاً سلاسل من رقاصات الضغط المدرجة ، بقصد تتبع تغيرات الحرارة إنطلاقاً من تغير درجات الثقل النوعي في السائل .

وساعدت بعض النسخ المجلوبة الى فرنسا وانكلترا على نهضة العلوم التجريبية وعلى تقدم الترمومترية من جديد (ترمو حرارة مترية قياس) : وكان الاستكمال الاساسي المتوقع في هذا السبيل الاخير ، واقعاً في مجالين ، الاول نظري : وهو التعمق التصوري لمفهوم الحرارة ، وتعريف سُلم ترمومتري ادق واكثر تجذراً . اما المجال الاخر فتقني : وهو صنع الات اكثر دقة وامانة وأفضل ملاءمة لمختلف الاحتياجات النظرية والعملية .

وهذا المجهود المزدوج التصوري والتقني ، احتاج الى قرابة قرن قبل ان يصل الى نتائج مرضية نوعاً ما ، ولكنه شق الطريق الى دراسة النظرية لمجمل الظاهرات الكالورية (الوحدات الحرارية)، والى الاستعمال العملي الاكثر فعالية لمفاعيل هذه الظاهرات . كما ادى بذات الوقت الى تقدم مهم في العديد من فروع العلم الخالص والعلم التطبيقي ، مثل الكيمياء او علم الارصاد حيث تتدخل هذه الظاهرات .

تقدم علم قياس الحرارة (ترمومتري) في القرن الثامن عشر ـ ان تمدد السوائل يبدو وكأنه ظاهرة ترمومترية هي الابسط اكتشافاً ، ويبقى اختيار السائل الاكثر طواعية . ومنذ 1693 اقلع هالي Halley عن استعمال الماء ، بسبب نقطة تجمده العالية جداً . وفي سنة 1772 اشار ج . آ . ديلوك J.A.Deluc الى تعارض آخر او عدم صلاحية : وهو عدم انتظام تمدد الماء ووجود نقطة قصوى في الثقل النوعي هي الدرجة 4 سنتيغراد . (وهذا الامر تأكد سنة 1805 بتجربة شهيرة لهوب Hope)[1] .
اما روح الخمر ، فهو سائل ذو معامل تمددي مرتفع ، وهو خليط من الماء والكحول ، ويساعد على صنع موازين حرارة حساسة جداً . ولكنه ذو نقطة غليان قليلة الارتفاع كما انه ذو تركيب غير محدد وذلك بسبب انعدام الفكرة الواضحة فيما خص التمييز بين الخليط والنوع الكيميائي ، وكذلك لانعدام الطريقة الدقيقة لقياس الثقل النوعي ، وهو قياس لم يتحقق الا في سنة 1768 على يد بومي Baumé . الا ان العديد من المجربين ، وخاصة ريومور Réaumur قد نجحوا في تحسين شروط استعماله نظراً لسعة انتشاره . وكان الزئبق خالياً من عيوب روح الخمر ، على الاقل بشكله النقي ، الا انه ذو معامل تمددي اقل ، وهذا ما اخر اعتماده كسائل ترمومتري ، واذا كان بولليو Boulliau قد استعمله لهذه الغاية منذ 1659 ، فان انتشار استعماله بصورة واسعة لم يتم الا بعد 1720 ، بفضل تأثير فهرنهايت . وقد عرف هذا الاخير ، وكان يهتم بالترمومترية منذ 1709 ، عَرَفَ السلم الترمومتري الاول ، الذي عاش حتى ايامنا هذه . وبعد العديد من التجارب ، حدد عند الدرجة صفر حرارة نوع من المزيج المبرد، وعند الدرجة 96 حرارة جسم انسان بصحة جيدة . وتثبت بان تجمد الماء وغليانه تحت الضغط الجوي

(1) بين الدرجة صفر مئوية (ذوبان الجليد) والدرجة 4 مئوية ، ينقص حجم كتلة محددة من الماء عندما تزداد الحرارة . وذلك عكس ما يحصل لبقية السوائل . وفوق الدرجة 4 مئوية يتبع الماء القاعدة العامة ، ويزداد حجمه كلما ازدادت الحرارة . وينتج عن ذلك بشكل أكيد أن الماء يصل إلى درجة قصوى في ثقله النوعي عند الدرجة 4 مئوية . وضمن فسحة أو مسافة حول هذه الدرجة الحرارية يكون ترقيم أي ترمومتر مائي مطابقاً لقيمتين ممكنتين .

العادي يحدثان عند درجات حرارة ثابتة (اي على التوالي عند الدرجة "32 و"212 في سلمه) وهذان الرقمان اعتمدا بوجه عام كنقطتين ثابتتين اساسيتين[1]. وبواسطة الة خاصة ، هي « الهبسومتر » اثبت فهرنهايت Fahrenheit ان نقطة غليان الماء تتغير تبعاً للضغط الخارجي ، وهذا امرٌ استخدمه فيما بعد ديلوك في قياس الارتفاعات . كما انه حدد نقطة غليان السوائل المختلفة .

وهناك سلم ترمومتري اخر استعمل في بعض البلدان الاوروبية الغربية حتى بداية القرن التاسع عشر . وفيه جعل الصفر والدرجة 80 درجتي حرارة تجميد المياه وغليانها تحت الضغط العادي . وهذا السلم برغم انه ادخل بشكله الدقيق هذا ، في سنة 1772 الى فرنسا ، على يد الفيزيائي والعالم الارصادي الجنيفي ج . آ . ديلوك J.A.Deluc ، وذلك في كتابه « بحوث حول تغيرات الفضاء » ، هذا السلم يحمل خطأ اسم العالم الطبيعي الفرنسي ريومور Réaumur ، الذي تولى ترقيم ترمومتراته انطلاقاً من نقطة ثابتة وحيدة هي صفر درجة (تعادل تجمد الماء) بعد دراسة مسبقة لتمدد السائل الترمومتري ، وتعيير دقيق للأنبوب .

واخيراً ادخل السلم الترمومتري المئوي الكلاسيكي (صفر درجة و"100 وذلك لنقطتي جمود الماء وغليانه في ظل الظروف العادية) ، سنة 1743 من قبل الليوني ج . ب . كريستين J.P. Christin . وهذا السلم ، المحدد اليوم بشكل دقيق انطلاقاً من السلم الدولي المطلق ، يحمل اسم العالم الفيزيائي السويدي آ . سلسيوس A. Celsius ، الذي استعمله ـ بشكل معكوس ـ انطلاقاً من مطلع 1744 .

وكان استعمال الترمومترات لغايات ارصادية جوية (ميتيرولوجي) هو في اساس قسم مهم من التحسينات التي ادخلت على صناعة الترمومترات . وهذا الاستعمال ادى ايضاً الى وضع معدات خاصة مثل الترمومتر ذي الحد الأقصى وذي الحد الأدنى (ش . كافينديش Ch. Cavendish 1757 : أدوات منفصلة ؛ ج . سيكس J. Six ، 1782 : الة وحيدة ؛ د . روذر فورد Rutherford 1790 : الة وحيدة) ؛ كما ادى استعمال الترمومترات ايضاً الى صنع الميزان الحراري المسجل (آ . كيث A. Keith 1795;) الخ . والعديد من البيرومترات التي صنعت بخلال هذا القرن (ب . فان موشنبروك P. Van Musschenbroek ،1740 ، ج . اليكوت J. Ellicott ،1736 ، ج . سميتون J. Smeaton ،1754 ؛

---

(1) إن نقطة تجمد الماء ، التي اعتمدت كنقطة وسط من قبل الفيزيائين في أكاديمية سيمنتو Cimento ، كان قد اقترحها كنقطة ثابتة هووك Hooke (1665) ، وهويجن (1665) ، ودالونسي Dalancé (1688) ورينالديني Renaldini (1693) ، ونيوتن (1701) الخ . ولكن وجود ظاهرة الذوبان الفوقي برر بعض التحفظات بهذا الشأن . إن نقطة غليان الماء ، وقد اقترحت كنقطة ثابتة أيضاً من قبل هويجن Huygens (1665) ، ورينالديني (1693) ، وامنتون Amontonus (1702) ، الخ ، لم تكن أميز من بعض النقط الثابتة الأخرى المستخدمة في تلك الحقبة ، إلا إذا كانت نقاوة السائل وثبوت الضغط مفروضين بشكل الزامي . ولكن هذا لم يحصل فيما خص ترمومتر رينالديني الذي كان الأول في إستخدام كلتي الحرارتين ، لتغير حالة الماء كنقطتين ثابتتين .

لافوازيه Lavoisier ولابلاس Laplace 1781 ؛ ج. رامسدين J. Ramsden 1785) كل هؤلاء كان هـدفهم في الواقـع دراسة التمـدد الحراري للمعـادن ، وذلك من اجـل تطبيقهـا في صنع السـاعات والموازين الرصدية [1] . اما البيرومتر الحقيقي الوحيـد فقد تصـوره ج. ودغود J. Wedgwood سنـة 1782 من اجل تحديد حرارة افران الفخاريات ؛ وهو مبني على تمدد مكعبات صغيرة من الصلصال.

وقد كشف انجاز تـرمومتـرات من انواع متنـوعة، وطـول المناقشـات ، حول اختيـار الظاهـرة الفيزيائية المختارة، وحول تحديد السلم وترقيمه (نقطة ثابتة وحيـدة او نقطتـان ثابتتـان. . . .) عن الطبيعة الاتفاقية (الاصطلاحية) لكُل محاولة من اجل تحديد درجة الحرارة انطلاقاً من ظاهرة فيزيائية محددة ومعينة ، ولكن الدراسات المقـارنة وحـدها ، الاكـثر دقة ، والتي وقعت في النصف الاول من القرن 19 هي التي اتاحت اقرار هذه الواقعة بوضوح، مؤدية الى تحديـد السلم الحراري الـديناميكي (ترموديناميك) المُطلق .

الا ان بعض التجارب الحاصلة ، منذ بداية القرن 18، رغم مجيئها قبل وقتها، فهي التي فتحت المجال.

تجديد الترمومتر الغازي وبدايات مفهوم الحرارة المطلقة - فيما بين 1702 — 1703 اعتمد ج. آمونتون G.Amontons كمتغـير ترمـومتري ضغط كتلة من الهـواء محفوظـة تحت حجم ثابت ، يصحح حجمها تبعاً لتحركات الضغط الجوي. واشار آمونتون انطلاقاً من النتائج التجريبية الى التبعية الخطية الطولية ، في هذا المتغير، بالنسبة الى درجة الحرارة، واعاد الثقة بميزان الحرارة الهوائي ، بشكل اكثر ارضاء ، والذي عرف نجاحاً كبيراً ابتداءً من القرن 19.

وكان هدف آمونتون الرئيسي تسهيل المقارنة بين القياسات المجراة في اماكن متنوعة، وفي اوقات متنوعة، بحيث يُتاح القيام، فوق كل الكرة الارضية، بـاستقصاء واسـع ارصادي يمتـد خلال حقبـة طويلة. واستبق آمونتون، بحوالي قرن ونصف قرن مفهوم الغاز الكامل، فعـرف الحرارة بـانها مقدار قابل للقياس، وليس فقط مقدارا يمكن تتبعه، ممهداً امام فكرة درجة الحرارة المطلقة .

وكانت القيم التي اعتمدها آمونتون للتدليل على درجات الحرارة في تجمد وغليان الماء 51، 1/2 و73 (بالبوصة الزئبقية) قد اتاحت تحديد « صفرها المطلق » (وهو تعبير قال به لامبـير Lambert) وهي تمثل درجة حرارة يكون فيها ضغط الهواء لاغياً ، وسماه « البرد الاقصى في هذا الترمومتر: °239— مئوية .

ورجع ج. هـ. لامبير J.H.Lambert الى نفس التحليل العقلي انطلاقاً من قياسات اكثر دقة ،

---

(1) إن حلقة غرافساند Gravesande الشهيرة قد ابتكـرت لإثبات أن القـطر الخارجي يـزداد بنفس نسبة ازديـاد القطر الداخـلي عندمـا تتمدد الحلقـة أو الأنبوب . وكـان مخترع هـذه الحلقة هـو و. ج. غرافسـاند (1688 - 1742) ، أستاذاً في جامعة ليد ، وكان مذيعاً وداعيه ناشطة للفيزياء التجريبية .

فحصل في كتابه « بيرومتري » (1779) على 270,3 ـ درجة مئوية ، وهو عدد قريب جداً من القيمة المعتمدة حالياً وهي 273,2− درجة مئوية . ولتحسين الدقة كان من الواجب الحصول على معرفة أفضل بالخصائص الحرارية للغازات ، الأمر الذي يقتضي بصورة مسبقة التثبت من مثل هذه الأجسام غير الهواء ، وهو المثل الوحيد المعروف تماماً في زمن امونتون .

دراسة الخصائص التمددية في الغازات ـ ادى النهوض السريع ، بالكيمياء المفرغة للهواء ، وبصورة فعلية خلال النصف الثاني من القرن الثامن عشر الى دراسة مجمل الخصائص الفيزيائية للغازات ، وبصورة خاصة دراسة العلاقات بين الحجم والضغط ودرجة الحرارة في كتلة معينة من الغاز .

وإذا كان قانون تساوي درجة الحرارة الذي وضعه بويل Boyle وماريوت Mariotte قد اثبت عن اهميته وكفايته ـ مع الاخذ في الاعتبار ضعف الدقة المطلوبة ، والحدود التضيقية لفرجات التطبيق ـ وهذا الى ان حصلت التجارب الكبرى على يد رينولت Regnault في القرن التاسع عشر ، فإن قياسات الثقل النوعي ، والنتائج المتعلقة بتمدد الغازات ذات الضغط الثابت ، او تغير ضغطها في حالة الحجم الثابت ، كل ذلك بدا مختلفاً تماماً .

واتاحت القياسات الاكثر دقة ، التي اجريت بقصد ابعاد الاسباب الرئيسية للغلط ـ وبصورة خاصة رطوبة الغازات المدروسة ـ اتاحت لشارل Charles ان يقرر قبيل 1790 ان تزايد الضغط على مختلف الغازات ذات الحجم الثابت يتناسب مع ارتفاع درجة حرارتها ويتناسب مع حجمها (كما قال بذلك امونتون من قبل)، ولكن هذا التزايد لا يتعلق بطبيعة هذه الغازات . ولما كانت هذه النتائج قد بقيت من غير نشر ، فقد توجب انتظار سنة 1802 حتى يقوم غاي ـ لوساك Gay-Lussac بمراجعة الدراسة التجريبية ، بشكل اكثر وضوحاً ، فعرف بهذا القانون ، وبذات الوقت عرف بالقانون المرتبط به والمتعلق بالتمدد في حال الضغط الثابت . وعرف النصف الاول من القرن التاسع عشر توسعاً ضخماً في البحث حول الخصائص الفيزيائية للغازات والابخرة : هذا التطور ، المشروط جزئياً بالتطبيقات العملية ، ادى الى اكتشاف القانونين الاولين في الترموديناميك ، كما ادى ، في سنة 1848 الى ادخال السلم الترموديناميكي المطلق على يد لورد كلفن Lord Kelvin . وكان هذا السلم المؤسس على خصائص « الغازات الكاملة » قد ازال الصعوبات الاخيرة التصورية المتعلقة بمفهوم درجة الحرارة . ولكن ، ومنذ القرن الثامن عشر اتاحت الانجازات المحددة المحققة في مجال الترمومتريا ، بآنٍ واحد توسيع التطبيقات لتشمل الكيمياء والارصاد الجوية ثم عن طريق الفصل بين مفاهيم الحرارة وكمية الحرارة ، الوصول الى ارساء القواعد الاساسية في علم الكالوريمتريا (او قياس درجات الحرارة)، وهي تقنية ضرورية لقيام علم الترموديناميك .

II ـ نظريات الحرارة (السخونة)

بخلال القرن السابع عشر ، ورغم ان مفهوم الحرارة او السخونة لم يتوضح بشكل كامل . فقد كانت هنالك نوعيتان من النظريات تتصارعان في موضوعها .

وكان التلامذة البعيدون الذريون اليونان ، وغاسندي Gassendi بشكل خاص ، يقبلون بجسمية النار ، اذ يعتبرونها مكونة من جزيئات متناهية اللطف وخفيفة ، مزودة بحركية ضخمة تخترق المادة العادية ، في مختلف حالاتها ، وتفعل بمجرد حضورها فقط . اما اتباع المذهب الميكانيكي ، فالسخونة عندهم تنتج عن الحركة وليس عن الفعل المباشر ، اما للجزيئات المكونة للمادة كما تقول النظرية الاولى الحركية للغازات والتي وضعها دانيال برنولي سنة 1727 وهي نظرية تقول بان تصادم هذه الجسيمات يؤمن لها الاحتفاظ بطاقتها الحركية ـ واما ان الحرارة او السخونة تنتج عن حركة جزيئات متناهية الصغر وشبيهة بالجزيئات التي استعان بها الذريون ، كما هو الحال في تصورات فرنسيس باكون Bacon Francis وديكارت Descartes وهوك de Hooke وماريوت Mariotte وامونتون Amontons .

من « مادة النار » الى السُعرية (Calorique) ـ نظراً لعدم وجود برهان تجريبي حاسم . اصبح الاختيار بين نمطي النظريات صعب التبرير . وقد اعتمد بويل Boyle ـ معتقداً انه يأخذ الى اوسع مدى بالوقائع المرصودة ـ نظرية مختلطة ، مدخلاً بآنٍ واحد إلجسمانية ـ لكي يفسر الزيادة المفترضة في وزن المعادن المتكلسة في اناءٍ مقفل ـ ووجهة النظر الحركية لكي يفسر انتاج الحرارة بالحك . حتى نيوتن نفسه اعتمد بحسب الحالات مواقف متفرقة مختلفة نوعاً ما . والواقع ، وحتى القرن 19 ، ان المفاهيم الشائعة سوف تكون المفاهيم التي تندمج بالشكل الاكثر ارضاءً في نظرية فيزيائية او كيميائية عامة . فالتأويل المضلل لتجربة « تكلس » المعادن بالاناء المقفل ، وازدهار نظرية السائل الناري Phlogistique ، ثم التوضيح التدريجي لحفظ كمية السخونة كاملةً في التبادل السعري الخالص ، كانت بالنسبة الى الكيميائيين ، في القرن 18 ، حججاً حاسمة لصالح نظرية جسمانية حول السخونة . ولكن ، كما هو الحال بالنسبة الى السائل الناري Phlogistique عملت الاكتشافات المتتالية ، التي قام بها الكيميائيون بخلال النصف الثاني من القرن 18 ، بصورة مستمرة ، على تغيير الطبيعة والخصائص المعزوة الى هذه المادة النارية ؛ انها مادة قابلة للوزن ، مكونة من ذرات لطيفة ولكنها وازنة ؛ وقد اعتبرها كيميائيو مطلع القرن (هومبرغ Homberg ، ليمري Lémery ، بورهاف Boerhaave) الخ بمرتبة السائل الذي لا يتقبل التحطيم وغير مادية ، انه « السُعَرُ » في نظر لافوازيه Lavoisier وتلامذته[1] بعد ان عرف المصائر الاكثر تنوعاً والاكثر تناقضاً ، بخلال الفترة الحرجة سنوات 1760 — 1780 . وقد عمل اعتبار « قياس السعرية » (كالورمترية) كجسم عقيدة بسيطة ومتماسكة على تثبيت هذه النظرية وامَّن استمراريتها ، الى ان توفرت في منتصف القرن 19 الحجج الدامغة لصالح النظرية الحركية .

---

(1) انظر فصل نشأة الكيمياء الحديثة.أن كلمة سعرية Calorique أدخلها لافوازيه في كتاب « الطريقة التصنيفية الكيميائية » الذي نشره سنة 1788 غريتون دي مورڤو Gruyton De Morveau ولافوازيه وبرتولي وفوركرو Fourcroy ، برز هذا « السعر » على رأس العناصر البسيطة .

رومفورد Rumford ـ انتاج السخونة بواسطة الحك ، و« حفظ الطاقـة » ـ لم تكن هذه النظرية الاخيرة قد نسيت تماماً . وفي حوالي سنة 1780 ظل علماء امثال لابـلاس وماكـر Macquer انصاراً لها ، مدفوعين بآنٍ واحدٍ ، بنوع من الاحترام للتراث النيوتني ، وبامل استطاعة مد مبدأ حفظ الطاقة ليشمل ميدان الحرارة ، هذا المبدأ المتحقق في اطار الميكانيك الضيق . وقد اشار باكون Bacon الى انتاج السخونة عن طريق الحك ، وكذلك بويل ، تأييداً للنظرية الميكانيكية . وبعد تجارب دنيس بابان Denis Papin اثبت بنـاء « المضخات النـارية » الاولى ان السخـونة تعمـل على تبخـير الماء ، وبالتالي ، على احداث قوى ضخمة .

وفي سنة 1798 ، تدخل بنجامين طومسون Benjamin Thompson ،كونت دي رومفـورد Rumford(1753 — 1814) بضجـة كبرى ، عنـدما استعمـل النظريـة الميكانيكيـة ، لكي يشرح الانتاج المهم للسخونة الملحوظ اثناء حفر انابيب المدافع .

وفي حين كان انصار «السعرية» يحاولون تفسير هذه الظاهرة عن طريق تغيير القدرة السعـرية للاجسام المحكومة ، ثم تصاعد مقترن لسخونتها الكامنـة ، استنتج رومفـورد، مستنداً عـلى تجارب دقيقة ومقنعة جداً بان امكانية انتاج كمية من الحرارة غير محددة عن طريق الحك ، لا يمكن ان تفسر الا في اطار النظرية الميكانيكية ، عن طريق تحـويل الـطاقة الميكـانيكية الى سخـونة . هـذا الموقف كـان يتعارض مع التفسير الحصري المعتمد من قبل العلماء العديدين الذين يرون ان مبادىء حفظ الطاقـة واستحالة الحركة الدائمة ، المقـررين في مجال الميكـانيك، يجب ان لا تمتـد الى ابعد من هـذا الاطار الضيق . ان ثقل التراث ، مضافاً الى سيطرة نظرية « السعرية » كان من القوة بحيث انه ، بـاستثناء الكيميائي دافي Davy لم تقبل افكار رومفورد الا بتحفظ وان تأثيرها الحقيقي لم يتطور الا في السنوات 1820 .

مسألة الحرارة المشعة ـ في هذه الاثناء تكونت حجة اخرى ضد نـظرية «السعرية» بـذات الوقت : ان الامر يتعلق بالفهم التدريجي للتشابه بين الحرارة المشعة والضوء . لقد اجري العديد من التجارب بهذا الموضوع منذ القرن 17، ولكن اهمية معدل امتصاص الاشعة السعرية من قبل عدسات الزجاج غطت هذا التشابه في نظر العديد من المجربين . والفكرة التي اطلقها نيوتن ـ عن وجود نوعين من الانتشار مختلفين : عن طـريق الانبثاق بـالنسبة الى الضـوء ، ثم عن طريق التمـوج بالنسبـة الى السخونة المشعة ـ ساهمت في تعقيـد هذا الـوضع . في هـذه الاثناء ، وفي اواخـر القرن 18، عملت الارصاد التي اجراهـا بعض العلماء ، ومنهم بوفـون Buffon وشيلي Scheeli، ولامبـير Lambert، وسوسور Saussure وبيكته Pictet، على رؤية تماهي الطبيعة بين الضوء والحرارة المشعة . هذه الواقعة التي أحسَّ بها سنة 1791 ب. بريفو P. Prévost، الذي حدد المفهوم المهم للتوازن المتحرك ، وج. هوتون (1794) J. Hutton، قد ثبتت اخيراً في السنوات الاولى من القرن التـاسع عشر . وشكلت هذه الواقعة فيما بعد حجة ذات وزن ، لصالح النظرية الميكانيكية التي سوف نشير في مختلف فصـول المجلد اللاحق ، الى نجاحها نجاحاً يعزى الى وضع قوانين اساسية في مجال الترموديناميك، والى فهم

اكثر وضوحاً للصفة الكونية الشاملة لمفهوم الطاقة .

ولكن الى جانب هذه المناقشات المشحونة حول تفسير « طبيعة النار » . عرف النصف الثاني من القرن 18 تحقيق خطوة ضخمة الى الامام في دراسة الظاهرات السعرية ، بفضل توضيح مفهوم كمية السخونة ، والمفاهيم المشتقة من السخونة الكامنة ، والسخونة الذاتية ، الخ وهي مفاهيم اتاحت وضع اساسات علم السعرية « كالورمترية » .

فكرة كمية السخونة وبدايات قياس السُعْرية (كالورمترية) : جوزيف بلاك Joseph Black، لافوازيه Lavoisier ولابلاس Laplace ـ ان مفهوم كمية السخونة لم يكن ليتوضح كمفهوم او فكرة الا بعد ان توضحت فكرة درجة الحرارة بشكل مستقر. كما انه لا يمكن ان يرى في هذه الفكرة الا تسبيق اول لفكرة « القوة القائمة للسخونة » في الجسم ، الا في اواخر القرن الخامس عشر ، عندما قام ج . مارلياني G. Marliani يعرفها بانها حاصل ضرب درجة حرارته بحجمه وبثقله النوعي . وقام فيزيائيو « اكاديمية سيمنتو » بخطوة اولى في اقامة فكرة السخونة الذاتية النوعية عندما لاحظوا ان كميات متساوية من مختلف السوائل ، المحمولة بصورة مسبقة الى نفس درجة الحرارة ، اذا وضعت فوق الجليد تذيب منه كميات متفاوتة . ولاحظ فهرنهايت Fahrenheit وبورهاف Boerhaave بدورهما نفس الملاحظات المماثلة ، ولكن الفيزيائي والكيميائي الاسكتلندي جوزف بلاك ، (1728-1799) هو الذي أوضح حوالي 1760 ، هذا المفهوم « القدرة على السخونة » (إن عبارة « سخونة نوعية » ادخلها ماجلان Magellan سنة 1780) عندما قدم أسلوباً واضحاً لقياسها .

كما ان مفهوم السخونة الكامنة في تغيير الحال ، هو ايضاً قد توضح ، من قبل بلاك الذي اثبت ان تسييل كمية من الجليد بدون رفع حرارتها ، يقتضي الاستعانة بمصدر مهم من السخونة الخارجية .

وكان من القائلين بنظرية مادية النار ، فقال بان هذا السائل غير القابل للوزن يمكنه ، عندما يفعل فعله في جسم ما ، ان يغير في درجة حرارته ، او عند اللزوم ، ان يحدث تغييراً في حالته الفيزيائية ، وبهذا ينتج الماء عن مزيج من هذه المادة بالجليد. وبعد مقارنة مختلف مفاعيل هذه المادة النارية ، بخلال عدة سنوات ، من 1757 الى 1762 ، تصور المفاهيم الحديثة لكمية السخونة ، والقدرة السُعْرية ، والسخونة الجرمية (السخونة النوعية) ، وللسخونة الكامنة في تغير الحال (الانتقال من حالة السيولة الى حالة الجمودية او الحالة الغازية والتغييرات المعاكسة) واسس الكالورمترية (او علم قياس سعرات الحرارة) ، حينما حقق بواسطة طريقة الخلائط التحديدات الاولى الفعلية لهذه المقادير (بمثل الماء بالنسبة الى السخونات الكامنة) . وبعد ان كان بلاك سنة 1764 قد تولى ، بشكل اكثر وضوحاً ، وبمساعدة تلميذه ايرفين Irvine ، تحديد الحرارة الكامنة من تبخر الماء ، كرر واط هذا القياس ، في اطار بحوثه حول الآلة البخارية . وهكذا ، وبخلال عدة سنوات ، توضح مفهوم كمية السخونة ، بعد تطبيقه على عدة ظاهرات فيزيائية ، وعلى استكمال الآلة البخارية .

وارتكزت طريقة الخلائط التي استعملها بلاك في تجاربه السعرية على صيغة بدائية تعطي درجة

حرارة التوازن θ في جملة من الاجسام ذات القدرات السعرية وذات درجات الحرارة الاساسية المتتالية $C_1, C_2 \dots C_n$ و $t_1, t_2, \dots, t_n$:

$$\theta = \frac{C_1 t_1 + C_2 t_2 + \dots + C_n t_n}{C_1 + C_2 + \dots + C_n}.$$

ان درجة حرارة التوازن θ ، استشعرت بشكل غامض من قبل ج. ب. موران J.B.Morin (استرولوجيا غاليكا ، 1661)، بسبب قصور في الفهم الواضح للمفاهيم العاملة ، قد قربت من الاذهان ، بشكل اكثر وضوحاً ، بفضل الاعمال المحققة في سان بطرسبرج على يد ج. و. كرافت G.W.Krafft (1744) و و. ريشمان W.Richmann (1747)، وبفضل اعمال الفيزيائي السويدي ج. ك ويلكي J.C.Wilcke (1772) الذي كان منافساً لبلاك، فحقق قياسات لسخونات تغيير الحالة والسخونات النوعية ، واخيراً بفضل اعمال الفنلندي ج، غادولين J.Gadolin. هذه الاعمال بدت في معظمها مستقلة عن اعمال بلاك . كما ان الاعلان عن نتائجها ـ وبخاصة نتائج اعمال ويلكي ـ اكمل ، الى حد ما ، النقص البالغ في نشر نتائج الاعمال الأكثر اتساعاً والاكثر عمومية التي حصل عليها الفيزيائي الاسكتلندي (بلاك) .

وبهذا الشأن، اذا كانت اعمال بلاك قد وجدت تطبيقاً لها شبه مباشر، في احد ابرز اختراعات واط Watt، وهو المكثف المنفصل ، فهي بالمقابل لم تنتشر الا ببطء شديد. فقد ظلت لفترة طويلة غير معروفة الا بشكل غير مباشر عبر الدروس والمحاضرات التي القاها مؤلفها في غلاسكو Glasgow وادنبره Edimbourg ، وعبر الاشارات الموضحة بدرجات متفاوتة ، على يد الفيزيائيين الآخرين ، وبعد موت بلاك فقط نشرت سنة 1803، من قبل ج. روبيسون J. Robison « محاضراته حول عناصر الكيمياء » والتي تضمنت جوهر ما قدمه في مجال دراسة الظاهرات الحرارية .

من الصعب تقييم الحد الذي عرفت فيه انجازات وافكار بلاك الجديدة من قبل العلماء الفرنسيين في سنة 1782، وهي السنة التي باشر فيها لابلاس ولافوازيه سلسلة قياساتهما السُعْرية ، المحققة بواسطة ميزان للسعريات جليدي متقن الصنع

ورغم ان تقريرهما عن اعمالها ، وهو « مذكرة حول السخونة » الشهير، والمنشور سنة 1784، يكشف عن اختلاف جذري فيما يتعلق بطبيعة الحرارة ـ باعتبار ان لابلاس اعتمد الفرضية الميكانيكية ، في حين اعتمد لافوازيه الفرضية السُعرية ـ فقد حقق العالمان ، بفضل تعاونهما الوثيق ، برنامجاً ممتازاً من القياسات. فقد تناول هذا البرنامج كل المظاهر الرئيسية للعمل السعري : السخونات النوعية في الجوامد، والسوائل وايضاً في الغازات ، سخونات تغير الحالة ، ولكن ايضاً سخونات الذوبان ، وسخونات التفاعل،السخونة الناتجة عن التنفس الخ. وهكذا فانهما لم يكتفيا فقط بمتابعة عمل بلاك ، وذلك بتوضيح المفاهيم المتنوعة التي ادخلها هذا الاخير، عندما استكمل تقنيات الكالورمترية، بل انهما ايضاً ، ارسيا اسس الحرارية الكيميائية (ترموكيميا) واكتشفا اصل السخونة

الحيوانية . والبحوث التي قاما بها معاً ؛ حول هذه النقطة الاخيرة، وكذلك البحوث المتأخرة التي قام بها لافوازيه مع تلميذه سيغين Seguin، حول التنفس والعرق، تشكل مرحلة مهمة في تطور الطرق الكمية ، في مجال الفيزيولوجيا الحيوانية[1]. وبعد بلاك ولابلاس ولافوازيه اصبحت « الكالورمتريا » مولودة . لقد قدمت الى الفيزيائيين ، في القرن 19، التقنية التجريبية اللازمة لتأسيس علم الترموديناميك (الحرارة المتحركة)

التوصيلية الحرارية ـ كذلك في أواخر القرن الثامن عشر . أخذت ظاهرة انتقال السخونة من جسم الى آخر تتوضح بفضل التجارب الاولى التي تسمح بتمييز الاتصالية الحرارية . وبالفعل اذا كان التمييز بين الاجسام الموصلة جيداً للحرارة ، مثل المعادن ، والاجسام الموصلة الرديئة ، مثل الخشب، قديماً جداً، فانه ليس الا في سنة 1789 قد حصل ان قام الفيزيائي الهولندي انجنهوس Ingenhousz لهذه الغاية بانجاز جهاز تجريبي بسيط جداً ـ اشتغل عليه بعد عدة سنوات ، رومفورد Rumford ـ من أجل مقارنة التوصيلية الحرارية في مختلف الأجسام الجامدة .

فقد اثبتت قضبان من ذات الحجم من هذه الاجسام ، حول اناء معدني، بعد ان تكون قد غطيت بطبقة خفيفة من جسم سريع الذوبان ، مثل الشمع . فاذا سكب الماء الحار في هذا الاناء، فان ذوبان الشمع الموضوع على مختلف القضبان ينتشر بشكل غير متساوٍ ، وعندها يمكن تمييز التوصيلية الحرارية ، في كل قضيب ، بطول طبقة الشمع الذائب في ظروف معينة .

ان الدراسة النظرية لمسألة الايصال الحراري سوف تدرس بنجاح بخلال السنوات الاولى من القرن التاسع عشر من قبل فوريه Fourier وسوف تسجل احدى النجاحات الاولى للفيزياء الرياضية .

بدايات الآلة البخارية ـ رغم ان تطور التقنيات هو خارج دراستنا، يتوجب التذكير بان الآلة البخارية قد اخترعت في اواخر القرن السابع عشر . وقد عرفت تطبيقاتها الاولى واستكمالاتها الاولى بخلال القرن الثامن عشر. والمراحل المتتالية ، من هذا الفصل الممتع في تاريخ التقنيات قد وصف وحلل في المجلدين 2 و3 من التاريخ العام للتقنيات ، ولذا فاننا نكتفي هنا ببعض التذكير الموجز جداً .

لقد طبق هيرون Héron على بعض الآلات العجيبة قوة انتشار بخار الماء هذه القوة التي ادخلت ايضاً في بعض المشاريع النظرية الخالصة المنجزة بخلال القرن السابع عشر ، وبخاصة من قبل ج. ب. دلابورتا G.B.della Porta، وسالومون كوس Salomon de Caus وج. برانكا G.Branca، وكذلك ادخلت في محاولات ربما كانت اكثر فعالية ، قام بها حوالي 1640 المركيز دي ورسستر Worcester.

---

(1) انظر بهذا الشأن موضوع التنفس في الفصل الثاني في الكتاب الثالث من هذا القسم .

اما توضيح الضغط الجوي، والتجارب على آلة البارود التي قام بها هويجن مستبقاً اعمال دنيس بابان Denis Papin الذي ـ بعد ان اخترع الهاضمة Digesteur : اي طنجرته الشهيرة (1681) التي هي النموذج الاول لضاغطاتنا الحديثة ـ حقق من خلال صعوبات من كل نوع عدة نماذج متتالية من الآلات المحركة المستخدمة لبخار الماء (1687 و1707) ولكن على الصعيد العملي، كان بابان مسبوقاً بالانكليزي توماس سافيري Thomas Savery الذي ـ في سنة 1698 ـ اودع براءة آلة سميت بـالآلة الجوية . ولكن آلة سافيري سرعان ما تخلفت وراء آلة نيوكومن Newcomen ـ القائمة على استخدام نظام السيلندر ـ بيستون (اسطوانة ـ دَفَّاعة) ـ والتي شاع استعمالها كثيراً بخلال القرن الثامن عشر . اما الاستكمالات اللاحقة ، والاكثر اهمية فقد قام بها جامس واط James Watt الذي سبق واشرنا الى اكتشافه للمكثف المنفصل، وهو اول مثل، في هذا المجال، لهذه التداخلات بين البحث الخالص والبحث التطبيقي تداخلات بدت مجزية وخصبة في القرن التاسع عشر.

وفي القرن التاسع عشر ـ كما سنرى في المجلد اللاحق ـ فقط اتاح توضيح مبادىء الترموديناميك (الحرارية ـ الحركية) فهم المبادىء الحقة لعمل الالات الحرارية .

ان الجهد البطيء ، المبذول في مجال التجريب العملي وفي التفكير العلومي (الابيستيمولوجي) ، ـ والذي قام به فيزيائيو القرن 17 والقرن 18، قد جرَّ ، بخلال هذه الحقبة ، علم السخونة من المجال الكيفي الموروث عن العصور القديمة الى مجال علم كمي ، معد ومهيأ للقيام بثورة حقة على الصعيد النظري ، وللاتصال الوثيق والخصب بالعلم التطبيقي .

الفصل الرابـع :
الكهربـاء والمغناطيسيـة في القرن الثـامن عشر

تمت بخلال القرن السـابع عشر ثورة علمية . وقد اكتملت تقريباً في فجر القرن اللاحق . وفي الفيزياء طوَّرَ غاليليه Galilée وباسكال Pascal وديكارت Descartes ـ عندما استخدم الرياضيات ـ وهويجن Huygens وبخاصة نيوتن Newton، طـرق التقصي والتحليل التي سـوف يعتمدهـا العلم الحديث.

ان كتاب نيوتن حول « النظرية الجديدة في الضوء والالوان »، هو نموذج تحليل تجريبي واستقراء نظري، هو من سنة 1672؛ وصدرت أول طبعة من كتاب المبادىء وهو نموذج تركيبي فيزيائي رياضي سنة 1687. ومن جهة اخرى، وفي مجال الكهرباء ، وجد اوتو غيريك Otto de Guericke حـوالي سنة 1660 الة كهربائية ستاتيه ، وهي احدى هذه الاختراعات الوطنية (احدى الاوليات) التي كثرت مـرة واحدة وسـائل العمـل عند البـاحثين في الـطبيعة . وقـد وصفها سنـة 1672 ، بذات الـوقت مـع التجارب الجديدة التي أتاحت له صنعها .

ومع ذلك فان تقدم معارفنا حول المغناطيسية والكهربـاء ظل بـطيئاً جـداً طيلة حوالي 50 سنـة وحوالي نهاية القرن الثامن عشر تقريباً ، ادخلت التدابير الكمية الدقيقة الكهرباء والمغناطيسية في اطار العلم النيوتني.

وكـانت الاسبـاب عـديـدة : اولاً الاعـادة العفـويـة للتجـارب حـول الكهـربـاء الثبـوتيـة (الكتروستاتيك) ثم تعقيدات التفاعلات بين قطع المغناطيس ذات الرأسين لكل قطعة .

وبعدها تضايق فيزيائيو هذه الحقبة ، اثناء فخرهم بـانهم رفضوا الـنظريات الاحيـائية ، اثـنـاء توقهم الى ايجاد تفسير للظاهرات ، تضايقوا من الصـور الميكانيكيـة الدقيقـة جداً والمبهمـة جداً بـآنٍ واحد ، لحركات الموائع اللطيفة ، للفضـاء ، وللاعـاصير ، التي تغشي الـوقائـع الحقيقية اكـثر مما تفسرها . وقد كان الامر كما عبر عنه هـوك Hooke قبل سنة 1703 بقوله :

« لقد كانوا يفضلون ذلك (اي ان يبنوا لانفسهم نوعاً من التصور الجميل او الخيال) على الجهد

في البحث المُعمق المبني على التجارب وعلى التلمس والتحليل الـدقيق ، وقد اكتفـوا بشيء يمكن ان يسليهم .

واخيراً بدت تجارب غيريك، وحتى الته الكهربائيـة، منسية او مهملة. وكـان من الواجب ان تكتشف اكتشافاته من جديد واحدة واحدة بعد 40 سنة . وكان الكهربائيان الوحيدان من النصف الأول من القرن الثامن عشر ، اللذان ما نزال نقرأ مؤلّفاتهما بأنس وفائدة هما : شارل فرنسوا سيسترني دوفي Charles-Francois Cisternay Dufay وبنجمين فرنكلن Benjamin Franklin . وكانت الظاهرات التي راقباها قد وصفت بدقة ، أما المبادىء الناتجة عنها فقد صيغت بجلد ووضوح ، أما دور الصور الميكانيكية فقد كان مقتضباً جداً الى أقصى حد .

فرنسيس هوكسبي Francis Hauksbee ـ في سنـة 1675 اجرى الابـاتي جون بيكـار Jean Picard ، وهو فلكي في باريس، ملاحظة غريبة فقد نقل ليلاً باروميتراً ولاحظ انه عند كل حركة عنيفة تهز الزئبق، كان بريق ازرق تقريباً يضيء الأنبوب، ولشرح هذه الظاهرة ، اكتفى بخلال 30 سنـة بتصور فرضيات مشوشة ، ذات طابع كيميائي عموماً .

وكـان فرنسيس هـوكسبي (ت . 1713) تلميذاً لبـويل Boyle الـذي دربه عـلى تقنية الفـراغ (استكمالان مهمّان لمضخة غيريك ، يعود الفضل فيهما الاول الى بويل، والثاني وهو المضخة ذات الجسمين، الى تلميذه) . وقد أهلهُ تكوينه ومواهبه كمخترع ، وعبقريته كمجرب لكي يهتم « بالضوء البارومتري » . واجرى دراسة عنه منهجية بين 1705 – 1709، ويمكن القول اليوم ، رغم انه لم يعرف ذلك هو بنفسه ، ان دراساته كانت اولى البحوث حول التفريغ الكهربائي في الغاز المُندر .

وبيّنَ ان الاحتكاك كان السبب في هذه الظاهرة ، مثلاً احتكاك الزئبق بالزجاج ، ولكي يُشمل تجربته مواد اخرى صنع جهازاً معقداً ، فيه يـدور، ضمن فراغ جـزئي، دولاب اثبتت فيه قـطع من العنبر تحتك بالصوف. ثم أدار أنبوباً من الزجاج مفرغاً من الهواء وأخذ يحكه بيـده. ويقول بعض المؤرخين انه بهذا اعاد اختراع الالة الكهربائية التي صنعها غيريك Guericke . وهـذا ممكن. ولكن الاسبقية تعود بدون شك الى هذا الاخير.

وبواسطة هذه الآلة اعاد اجراءملاحظات معروفة ، ولكنها منسية ، ووصف ـ بعد كابو Cabeo وغيريك Guericke ـ الدفوعات الكهربائية، وراقب البريق « المبتعث » ضمن كرة مفرغة عندما يقرب منها كرة اخرى محكوكة . وكان هذا هو اكتشاف « الحث الكهربائي الثابت »، لو ان هوكسبي قد ادرك العلاقة السببية بين الكهرباء وهذه الومضات ، لولا ان صورة مسبقة عن التدفقات الخارجة من الكرة الاولى والتي تصدم الكرة الثانية، لم تحجب عنه الوقائع الفعلية .

I ـ غري Gray ودوفي Dufay

وسوف تتسارع وتيرة الاكتشافات في الكهرباء بعد عشرين سنة : اذ سوف يستنتج ستيفن غري Stephen Gray (1736 – ؟ 1670)، في انكلترا ، وبصورة خاصة شارل فرنسوا دوفي – Charles

Francois Dufay [دوفاي] (1698 – 1739) في فرنسا، من وقائع جديدة كشفتها تجربة اكثر وعياً ، بعض المبادىء العامة التي تتيح وضع نوع من الترتيب في هذا العلم الذي ما يزال يتلعثم، ثم التنبؤ بابعاده المستقبلية الفخمة.

اكتشاف توصيل الكهرباء ـ ان نقطة انطلاق بحوث غري Gray حول توصيل الكهرباء من بعيد هي ملاحظة عرضية(شباط 1729) وهذه الملاحظة كان غيريك قد سبق اليها منذ 55سنة وبوسائل اقوى، ولكنها نسيت تماماً ، وذلك جزئياً لان واضعها قد اكتفى بالاشارة اليها دون ان يستخرج منها اية خلاصة .

بعدان حككتانبوباً كبيراً من الزجاج المغلق بفلينتين ، ثم امسكت ريشة طائر زغبية من طرفها الاعلى، فلاحظت انها تذهب نحو الفلينة ، مجذوبة مرة ثم مدفوعة من قبل الفلينة كما لو كانت من الانبوب نفسه، تعجبت واستنتجت انه لا بد من ان يكون في السدة قوة جاذبة ، انتقلت اليها من الانبوب المثار ».

واجريت نفس التجربة ، فحصلت نفس النتيجة ، بواسطة كرة من العاج ربطت في بادىء الامر بقضبان من الصنوبر ذات اطوال مختلفة اثبتت في الفلينة ثم اعيدت التجربة بربط كرة العاج بخيوط من معدن او بخيوط صغيرة كان اطولها ، المتدلي عامودياً يبلغ 34 قدماً اي حوالي 10 امتار.

وفي حزيران 1729 وبعد محاولات غير مثمرة ، حاول غيريك، بمعاونة صديقه ج. وهلر G.Wheler ان ينقل افقياً والى البعيد قوة الجذب. فاقترح عليه وهلر ان يعلق الخيط الصغير بخيط من حرير ، ظاناً ان هذا يصلح اكثر نظراً لرفعه . ونجحت التجربة حتى مسافة 293 قدماً. وبعدها انقطع الخيط فاستبدله الفيزيائيان بخيوط رفيعة من الشبهان : فتوقف المفعول الكهربائي عن الانتقال. وفهم الرجلان ان النجاح غير مرتبط برفع الخيوط التعليقية بل بكونها من الحرير. . .

هذا المفعول فسر فشلهما السابق :

« عندما كان الخيط الناقل للقوة الكهربائية مدعوماً بخيوط معدنية ، وعندما كان التيار يصل الى خيوط التعليق ، كان ينتقل عبر هذه الخيوط المعدنية الى الجسور ، فلا يذهب بعيداً في الخيط الذي يجب ان ينقله الى كرة العاج ».

ورغم ان غري Gray لم يستعمل كلمة موصل او عازل الا انه اكتشف توصيل الكهرباء . واكتشف ان بعض الاجسام لا تملك هذه الصفة. ومع ذلك فانه لم يركز على فكرة السائل الكهربائي التي اشار اليها تحت اسم دفق اي تيار : فقد استخدم بدون تفريق كلمات قدرة كهربائية وكلمة كهربائية وكلمة دفق بمعنى واحد. ولم يضع نظرية : المهم بالنسبة اليه هو وصف الملاحظات باللغة الدارجة وتجدر الاشارة الى انه لم يفكر في ايجاد حاملات او دعامات عازلة غير الحرير .

الكهربة بواسطة التأثير ـ وهناك اكتشاف اخر مهم لـ « غري » هو اكتشاف الشحنة الحاثة او الكهربة بالتأثير.

ان القطعة من الرصاص المعلقة في السقف بواسطة خيط « عندما يكون هناك انبوب من زجاج محكوك، فيقرَّبُ من الخيط (من اسفله) دون مسه ، فتجذب قطعة الرصاص ثم تدفع حتاتة الشبهان ، وهكذا يمكن ان تنقل « الطاقة » الكهربائية دون مساس او تماس، من الانبوب الى خيط الاتصال».

وبعد عدة سنوات طور دوفي Dufay هذه التجارب. ونشر نتائجها سنة 1733. وكانت هذه المذكرة وتالياتها عظيمة بآنٍ واحدٍ بوضوح الرؤية ولان مؤلفها كان الاول الذي ذكر اعمال سابقيه، وبخاصة اوتودي غيريك Otto de Guericke الذي اخرجه من النسيان .

وبعد ان تثبت من ان « كل الاجسام لا يمكن ان تصبح كهربائية بذاتها (عن طريق الحك)، بيّن انها جميعها تكتسب خاصية « الكهربة » الضخمة بتقريب الانبوب (الزجاج المحكوك) ، والخشب، والمعادن، والمشروبات » شرط ان تعزل مسبقاً بوضعها فوق منضدة زجاجية او فوق شمع اسبانيا ».

ورغم ان دوفي هو قبل كل شيء ، مثل غري، مجرب، رغم انه يتجنب عموماً البحوث النظرية ويعرف الكهرباء ببساطة على انها « خاصية تقوم على اجتذاب الاجسام الخفيفة » ،فقد حاول اكثر من سابقه ان يستنتج من ملاحظاته مبادىء عامة .

وانهى مذكرته الثالثة سنة 1733 فكتب : « يكفينا الآن ، ان عرفنا وقررنا بان الاجسام الاقل قابلية لان تصبح كهربائية بذاتها ، هي الاجسام الاكثر طواعية للجذب، والتي تنقل الى البعيد وبشكل اقوى مادة الكهرباء ، في حين ان الاجسام الاكثر استعداداً لان تصبح كهربائية بذاتها فهي الاقل قابلية من الكل لاكتساب كهربائية خارجية ونقلها الى بعدٍ ضخم » .

وانها لاول مرة يرتبط فيها التمييز الذي اجراه جيلبرت Gilbert بين « كهربائي بذاته » و« غير كهربائي» بنظام من الايصاليات المتزايدة. يلاحظ ايضاً التعبير : «تنقل . . . المادة الكهربائية »، انها صورة اوحت بها ، كما لدى غري Gray، التجربة بالذات .

اكتشاف النوعين من الكهرباء ـ ان تاريخ اكتشاف دوفي « الكهربتين » مفيد للغاية . فهو بفكره المنطقي استخلص من مناقشة كل التجارب المعروفة فرضية عمل :

« تخيلت ان الجسم الكهربائي ربما يجذب كل الاجسام التي ليست مثله ويُبعد كل الاجسام التي اصبحت كهربائية بقربه وبتوصيل قدرة هذا الجسم ». ولكن عندئذ: « ان الشيء الذي اذهلني جداً هو التجربة التالية : « بعد ان رفعت ورقة ذهبية في الهواء بواسطة الانبوب (زجاج مكهرب ابعدها بعد الجذب وجعلها تسبح في الهواء ») قربت منهاقطعة من صمغ الكوبال محكوكة بحيث جعلت مكهربة ، عندها التصقت بها الورقة الذهبية في الحال. . . واعترف اني كنت اتوقع نتيجة معاكسة ، اذ، بحسب تحليلي، ان الكوبال الذي كان مكهرباً، كان يجب ان يدفع الورقة التي كانت مكهربة ايضاً . وحصلت نفس النتيجة مع العنبر والشمع الاسباني .

ولكن فيما بعد « قربت من الورقة المطرودة من قبل الانبوب كرة من الكريستال الصخري المحكوك والمجعول مكهرباً : فدفعت الكرة هذه الورقة وكذلك الانبوب . . . واخيراً لم يعد بامكاني ان اشك ان الزجاج والكريستال الصخري ، لا يتصرفان بعكس الصمغ الكوبالي ، او العنبر او الشمع الاسباني ، بحيث ان الورقة المرفوضة ، من قبل الاولى بفعل الكهرباء الموجودة في الورقة ، اصبحت مجذوبة بالاخريات . وهذا حملني على الاعتقاد بوجود نوعين من الكهرباء مختلفين » . . . .

وبعد تجارب متعددة من الرقابة استنتج دوفي :

« واذنْ فهناك دوماً كهربتان من طبيعة مختلفة جداً : كهربة الاجسام الشفافة والجوامد مثل الزجاج والكريستال الخ . . وكهربة الاجسام الصمغية والقارية مثل الصمغ الكوبالي والعنبر والشمع الاسباني ، الخ . وهذه الاجسام وتلك ترفض الاجسام التي تلقت كهربة من ذات طبيعة كهربتها ، وهي تجتذب بالعكس الاجسام ذات الكهربة المختلفة الطبيعة عن كهربتها . . ان الاجسام التي ليست حالياً كهربية يمكنها ان تكتسب (ان كانت معزولة) كلاً من هاتين الكهربتين ، وعندها تبدو مفاعيلها مشابهة لمفاعيل الاجسام التي اعطتها هذه الكهربة . . . فهناك اذن كهربتان مبينتان . . . اسم الاولى الكهربة الصمغية ، والثانية الكهربة الزجاجية » .

وبعد ان رفض احتمالية وجود صنف ثالث من الكهرباء ، استنتج دوفي هذا الحكم (الرابع) : « ماذا يمكننا ان لا نتوقع من حقل بمثل هذا الاتساع ، ينفتح امام الفيزياء . وكم هي [كثيرة] التجارب الفريدة التي قد تكشف الخصائص الجديدة للمادة ؟ » (تاريخ الأكاديمية الملكية للعلوم ، 1733) .

والمقتطفات السابقة تدل الى اي حد من الدقة طبق دوفي الطريقة العلمية : ووصف ملاحظاته واستخلص منها « مبادىء » . ولم يتكلم الا عابراً ، ودون كبير اهتمام ، عن المادة الكهربائية ونقلها . وكانت « نظرية السائلين الكهربائيين » تحت متناول يده ، وسرعان ما تجلت من بحوثه ولكنه لم يعلنها صراحة ابداً .

ولهذا تثار الدهشة قليلاً من رؤية فيزيائي تمثل هذا الوعي لقيمة الطريقة التجريبية ، يطور ، بتأثر من ديكارت ـ وهو عرضاً محق ـ نظرية اعصارية للجذب والدفع الكهربائيين ، وفيما بعد نظرية عن المغناطيسية .

اما مفاهيم الشحنة والحقل فلم تكن متميزة بوضوح . وسوف يوضح فرانكلين Franklin مفهوم الحث أو الشحنة ولكنه أسند أيضاً « الحقل » الى « جوّ معيّن » ، وكان لا بد من انتظار مجيء كافنديش Cavendish وكولومب Coulomb ، حتى يُرى بناء نظرية نيوتنية متماسكة حول الكهرباء والمغناطيسية .

الابحاث اللاحقة ـ ومع ذلك ، وبموجب عمل نشر سنة 1731 ، صنع دوفي آلتين للقياس المغناطيسي « ماغنومتر » مخصصتين لقياس القوى المغناطيسية ، واحدة ذات ميزان ، والثانية ذات لولب

حلزوني. وكانت النتائج الحاصلة مشوشة ، وقد اوضحت بمذكرتين سنة 1737 يذكر دوفي فيها : « ان ابرة ذات خيط . . . . تستعمل للتعريف ما اذا كانت قوة الكهرباء هي اكبر او اصغر. . . ويشاهد الطرفان المتدليان بحرية. . يبتعد احدهما عن الآخر ، بقوة متفاوتة وتشكل زاوية مختلفة الكبر. . . وهذا يظهر بشكل صحيح نوعاً ما درجة قوة الكهرباء ». ويعتبر تحسين « قلاب » جيلبرت سلف الموازين الكهربائية ذات كرات البيلسان ، أو ذات الأوراق الذهبية أو ذات الخيوط[1] .

وفيما بين 1734 وحتى موت غري سنة 1736 تبادل الفيزيائيان الانكليزي والفرنسي العديد من الرسائل. واهتما سوية بالشرارة الكهربائية.

عندها ذكر غري : « ان ابرة من المعدن اذا قربت من شيء مكهرب، فان هذا الاخير يخسر كهربته على مهل وبصمت، في حين انه بواسطة قضيب سميك يتم تفريغ الشحنة فجأة، بشرارة ». واضاف « يوماً ما ربما يعثر على وسيلة لتجميع كميات اكبر من هذه النار الكهربائية التي بعد العديد من هذه التجارب ـ تبدو من ذات طبيعة الصاعقة والبرق ».

التلاميذ ـ في انكلترا أكمل ج.ت. ديساغوليه J. th. Desaguliers عمل غري Gray. وقدمت أعماله (1739-1744) القليل من الوقائع الجديدة . انه هو الذي استحدث كلمة «موصل الممتاز» وكتابه «دراسة في الفلسفة التجريبية» (ط 1 ، مجلدان ، 1734-1744) نجح ، وأحدث تأثيراً كبيراً على فرانكلين .

وفي فرنسا ،كان الأباتي نوليه Nollet، تلميذ دوفي، قبل كل شيء مبّين تجارب وداعية للعلم. ونظريته « نظرية المتتالية » التي نشرها سنة 1746، والتي جوبهت بها افكار فرانكلين، هي من نظريات المدرسة الديكارتية التي « لا تعلم شيئاً متميزاً او حتى متوقعاً » (ج. باربو دوبورج J.Barbeu Dubourg, 1773).

II ـ الآلات الكهربائية وزجاجة « ليد » Leyde

وسوف تعمل التحسينات التقنية والملاحظة العارضة ، خلال بضعة سنوات، ابتداء من 1745، على بعث عدد كبير من الاكتشافات المهمة.

استكمال الالات الكهربائية ـ قام غري بتجاربه بواسطة انبوب زجاج محكوك، ودوفي بواسطة قضبان من مواد متنوعة. اما الآلة الكهربائية ، آلة غيريك وهوكسبي، البدائية نوعاً ما ، فقلّما استعملت .

(1) ويعزى إلى دوفي أيضاً اكتشاف كبير في البصريات البلورية : « كل الحجارة الشفافة ذات الزوايا القائمة تعرض الإنكسار البسيط . أما التي ليست زواياها قائمة فهي مزدوجة الإنكسارية والإنكسار المزدوج يتعلق بانحناء الزوايا » . وهي علاقة أساسية بين تباين الخصائص والإنكسار المزدوج .

وفيما بين 1743 و1745 جعلت هذه الآلة ايسر استعمالاً واقوى، خاصة في المانيا (ج. م بوز G.M.Bose و.ـ غوردون A.Gordon وج. ونكلر J.Winkler الخ) . وبواسطة دولاب كبير من خشب، ومن جهاز توصيل شريطي، دوِّرت بسرعة فائقة ، كرة ضخمة او انبوبٌ من زجاج . وكانت الكرة تحك من اسفل بيد محرك واقف على الارض ـ وفيما بعد بواسطة مخدة Coussin من جلد. وتؤخذ الكهرباء الحاصلة هكذا بواسطة شريط من الخيوط الرفيعة المعدنية تلامس اعلى الكرة . وكان هذا الشريط مربوطاً بماسورة بارودة معلقة بواسطة خيوط من حرير تستخدم كقطب وحيد للآلة .

واتاحت هذه الآلة اجراء تجارب سهلة رائعة وصاخبة ، كررت في كل مكان ، في الاكاديميات وفي الصالونات . لقد كانت الكهرباء من موضة العصر، وتكاثر الفيزيائيون الهواة .

اكتشاف زجاجة ليد Leyde ـ واصبح حماس الجمهور اكبر ايضاً بعد اكتشاف زجاجة ليد. .

فقد سبق لغري ودوفي ان اشارا الى انه بالامكان، بواسطة التماس مع انبوب محكوك، كهربة ماء موضوع فوق مسندٍ معزول. ومن جهة اخرى، كان تسرب الكهرباء البطيء يعزى عادة الى « تبخر المادة الكهربائية » فكان من الطبيعي انقاص هذه التبخير بحبس الماء ضمن قنينة.

وتمت التجربة عرضاً من قبل هاوٍ : القس البوميراني ي. ج. ڤون كليست E.J.Von Kleist (ت 1745) ومن قبل بيتر فان موشنبروك Pieter Van Musschenbroek استاذ الفيزياء في ليد (كانون الثاني 1746) الذي ربما استفاد من مساعدة احد مواطنيه واسمه كوناس Cunaeus.

وضع ڤون كليست Von Kleist في قنينة ماءً غطس فيه مسماراً يمرّ عبر الفلينة. وامسك هذه القنينة بيد، واسند المسمار الى انبوب البارودة، وهو قطب آلته الكهربائية، ثم ابعده، وبعد قربه من شيء غير معزول : فانقدحت شرارة قوية جداً . وعندما لامست الشيء يده الأخرى، احس بصدمة ذات عنف لم يسمع به.

ولما كان كل هذا قد حدث والقنينة بيده، فقد اعتقد، ان الجسم البشري له دور في الحدث. واعاد موشنبروك نفس التجارب بصورة مستقلة ، ولكنه انجحها حين وضع القنينة على الطاولة ، وعرف ان الامر يتعلق بظاهرة فيزيائية خالصة . فكتب في الحال الى ريومور Réaumur الذي اوصل الرسالة الى اكاديمية العلوم . وعلق نوليه Nollet عليها في احدى مذكراته :

« هذه التجربة العجيبة اعطت الالق للكهرباء . فاصبحت بعد تلك اللحظة موضوع الحديث العام. . . وعمل كل الكهربائيين في اوروبا على تكرارها وعلى دراسة ظروفها ».

الاكتشافات التجريبية الجديدة ـ بعد 1746 أشار ب. ويلسون B.Wilson بأن«تراكم المادة الكهربائية في القنينة هو دائماً متناسب مع رقة الزجاج ومساحة الاجسام غير الكهربائية (الموصلة) المتماسة مع هذه السطوح الداخلية والخارجية ».

وفي سنة 1746 أيضاً خطر لـ ل. ج. مونيه L.G.Monnier أن يجمع أطراف مكثف بواسطة خيط معدني طويل. وراقب الظاهرات الكهربائية التي رافقت تفريغ الشحنة، وكانت اول تجربة قد اجريت على تيار كهربائي (مؤقت). وحاول ان يقيس سرعة الانتشار، وامكنه فقط ان يبين ان « سرعة المادة الكهربائية ، عندما تجتاز خيطاً جديداً، هي على الأقل، ثلاثون مرة اكبر من سرعة الصوت ». وهذه نتيجة تأكدت في انكلترا، بتجارب اوسع قام بها واطسون Watson والجمعية الملكية .

وقرر مونيه ايضاً (ضد تأكيدات بوز Bose) ان الكهرباء تنتشر في الاجسام من نفس الصنف سنداً لمساحتها اكثر من جرمها .

النظريات المختلفة - اسند ديدرو Diderot ودالمبير d'Alembert الى مونيه Monnier كتابة مقالي « الجسم المغناطيسي » و« الكهرباء » في الانسيكلوبيديا .

ونورد مقطعاً منها يظهر وضع الافكار في تلك الحقبة :

« إن مشاعر الفيزيائيين مقسومة حول سبب الكهرباء . وكلهم مع ذلك ، موافق على وجود مادة كهربائية مجتمعة نوعاً ما حول الأجسام المكهربة ، تحدث بحركاتها مفاعيل الكهرباء التي نشاهد . ولكن كل حركة تفسر ، بشكل مختلف الأسباب والاتجاهات لهذه الحركات المختلفة . . . ولما كان كنه المادة الكهربائية ما يزال غير معروف ، فمن المستحيل تعريفها بغير صفاتها الرئيسية » .

وهكذا نرى ان الناس، في سنة 1745، كانوا يتكلمون عادة وببداهة عن مادة او عن سائل كهربائي . وهذا المفهوم، كان كانما قد فرض نفسه، بعد ان لوحظ انتشار «القدرة الكهربائية» عن بعد وتجمعها في زجاجة ليد Leyde .

وفضلاً عن ذلك ، لقد مضى زمن طويل، على تصور الفيزيائيين لسوائل لطيفة : اثير نيوتن Newton وهويجن Huygens، والمادة النارية عند بورهاف Boerhaave (1732)، «وهذه وذاك كانا يعتبران من بنية ذرية تعتبر مخلوقة هكذا، متميزة عن كل الاجسام الاخرى المخلوقة » .

والواقع كان من المفترض ان توحي المبادىء التي اكتشفها دوفي، باطروحة « المائعين » الكهربائيين ، وهذه الفرضية بدت وكانها « في الجو » بخلال القرن الثامن عشر، لان فرانكلين حاربها . الا ان دوفي نفسه كان مهتماً جداً بالاكتفاء بالوصف المجرد للوقائع ، كما كان معتاداً، بذات الوقت، على المفاهيم الميكانيكية لدى الديكارتيين، حتى ليصعب عليه اطلاقاً صياغتها بعبارات صريحة .

ومن جهة اخرى لقد تركت التجارب الكهربائية (والمغناطيسية) النوعية دوماً والقليلة التنوع ، الأذهان في الابهام . فكلمات : قدرة ومادة ، واعصار ، ومائع ، وفضاء كانت تستعمل بذات المعنى تقريباً . والواقع، وكما تدل كلمة مونيه ، ان مفاهيم الشحنة والحقل الكهربائي - بلغتنا

المعاصرة - (ومفاهيم المغناطيس والحقل المغناطيسي) ظلت مختلطة في عدم الوضوح.

وكان اول تقدم رئيسي، يعزى الى فرانكلين ، الذي ابتكر كلمة شحنة كهربائية ، واعطاها صوراً واضحة؛ الا أنه استخدم أيضاً كلمة فضاء أو جو .

ومن جهة النظر النيوتنية ، لم تصبح الافكار متميزة وواضحة الا بعد القياسات الكمية التي قام بها كولومب Coulomb. وفيما بعد ايضاً ، وبعد امبير Ampère وفراداي Faraday، نوقشت طويلاً « حقيقة » الشحنات الكهربائية والاقطاب المغناطيسية. ولم تسوَّ المسألة الا من خلال نظرية لورنتز Lorentz بعد اكتشاف الالكترون والبروتون .

III - عمل بنجامين فرانكلين Benjamin Franklin

اعمال واطسون Watson - كان لفرانكلين سابقٌ هو وليم واطسون William Watson. وكان اهم فضل يعزى لهذا الاخير، انه بيَّن ان « القوة الكهربائية ترسم دائماً دائرة او حلقة ». وقد لاحظ اولاً ان الشرارات الكهربائية تضعُف جداً عندما يكون الفاعل الذي يسحبها من الآلة واقفاً على مصطبة تعزله عن الارض . وفكر عندئذ ، بالحاجة الى سلسلة لا تنقطع من الاجسام غير الكهربائية لتجر « النار الكهربائية » من الارض الى « انبوب البارودة ». وبيَّن اخيراً مبدأ « الدورة الكاملة للمادة الكهربائية » بتجارب شديدة البراعة أجريت مع سلاسل من المراقبين المعزولين فوق قطع من الشمع، يمسك بعضهم بعضاً باليد. واستنتج : « لقد حاولت ان اثبت عن طريق التجربة ان غير الكهربائي الاكثر قرباً يعطي كمية من الكهرباء تساوي الكمية المتجمعة في الاجسام المثارة. . . ان النار الكهربائية، الضائعة في رجل تعوضها الارض في الحال ».

هذا المقطع قد يحمل على الظن ان واطسون كانت لديه فكرة غامضة نوعاً ما عن كمية الكهرباء وحفظها .

ولكنه من جهة ثانية اندفع وراء نظرية ميكانيكية معقدة.

وكانت هذه ترتكز على فرضية « الاثير الكهربائي ، والفضاء الذي يحيط بالاجسام. . . المكهربة ، فيمتد الى مسافة ضخمة. والاثير الكهربائي اكثر لطفاً من الهواء العادي. . . يجتاز بسرعة المعادن. . . ولا يجتاز الا على عمق معين الاصماغ. . . وهو يحرك الاجسام الخفيفة. . . ومطاطيته تبرز في كونه ينتشر على مسافة ضخمة. . . ان تيار الاثير الكهربائي يحمل معه كل ما يصادفه من اجسام خفيفة ».

واخيراً ولتفسير الدفوعات وكذلك الجذب بدأ وكأنه ينحاز الى نظرية التدفقات المتتالية مع الفيضانات التي قال بها نوليه. وكان لا بد من مجيء فكر جديد، عبقري بحق، يجهل كل شيء تقريباً عن النظريات السائدة، ليهاجم بكل راحة وحرية فكر، وبالتجربة فقط، موضوع الكهرباء ، حتى

يكنس كل هذه الفوضى الميكانيكية والميتافيزية الموروثة عن لوكرس Lucréce وعن ديكارت وخلفائهما .

بنجامين فرانكلين : حفظ الكهرباء ، الأجسام المكهربة ايجاباً وسلباً ـ يعود تاريخ البحوث الاولى التجريبية التي قام بها بنجامين فرانكلين (1706 – 1790) الى سنة 1747[1]. وكان اكتشافه الاول هو « المفعول المدهش للاجسام الرفيعة التي تستطيع بآنٍ معاً ايصال النار الكهربائية الى الاجسام الاخرى وتسحبها منها» . (تجارب وملاحظات حول الكهرباء ، لندن 1750 . رسائل الى كولينسون Collinson، رسالة II (1747))هذه الملاحظة كان قد سبق اليها غيريك، ثم بشكل اكثر وضوحاً غري .

كان فرانكلين يجهل هذه الملاحظة . ومن المعلوم أنها قادته فيما بعد الى اختراع الشاري . ولكن بعد هذه الفترة أوحت له ـ مع تجارب أخرى ـ « الرأي بأن النار الكهربائية لا تتولد بالحك بل تجمع وانها في الحقيقة عنصر (مادة غير قابلة للتلف) منتشر بفضل مواد أخرى يجتذبها ، وبصورة خاصة الماء والمعادن » (نفس المصدر) .

وقد حقق فرانكلين هذه الفكرة بتجربة مدهشة في بساطتها ، ومعبرة نوعاً ما رغم كونها نوعية مثل كل التجارب الكهربائية في تلك الحقبة :

1- إذا وقف شخصان فوق الشمع احدهما« ا »يحك أنبوب الزجاج والآخر « ب » يسحب منه النار ، هذان الشخصان إذا لم يتلامسا يبدوان وكأنهما مكهربان بالنسبة الى ثالث « ج » واقف على الأرض ، أي أن هذا الثالث يستمد منهما شرارات إن هو قرب أصبعه منهما .

2 ـ ولكن إذا تلامسا عندما يكون الأنبوب مشحوناً ، فإن أيّاً منهما لا يتكهرب .

3 ـ وإذا تلامسا بعد حك الأنبوب تتولد بينهما شرارة أقوى من الشرارات التي يستمدها الشخص الواقف على الأرض .

4 ـ وبعد هذه الشرارة تزول الكهرباء عن كليهما (نفس المرجع الكتاب الثاني) .

هذه الوقائع تفسر حالاً ، إذا افترضنا أن « ب » مكهرب بشكل إيجابي و«ا» بشكل سلبي ؛ أو إذا كان « ب » مكهرباً زائداً و« ا » ناقصاً ، أي إذا كان «ب» يحمل كهرباء أكثر من حصته الطبيعية « في حين ان « ا » يحمل كهرباء أقل . « وهكذا يمكن تحويل النار الكهربائية كما أثبت ذلك و. واطسون W. Watson ، ويمكن أيضاً تجميعها في جسم ما أو سحبها منه » (نفس المرجع) . واخترع فرانكلين الذي لم يكن يعرف شيئاً عن الأعمال السابقة لغة خاصة به ، أصبحت كلاسيكية . ومع ذلك فقد استعمل التعبير الشائع « النار الكهربائية » : فقد كانت النار في القرن الثامن عشر النموذج المثالي للمواد اللطيفة .

---

(1) إن عمل فرانكلين Franklen بالكهرباء قد استعيد ، من وجهة نظر أخرى ، عبر الدراسة التي أجراها ي ـ ب كوهن I. B. Cohen ـ العلوم في أميركا الشمالية البريطانية (انظر الفصل 3 من القسم 4) .

وبعد ان تجمعت لديه هذه الافكار الاساسية طبقها على زجاجة ليدLeyde :

« في الوقت الذي يكون فيه الخيط وسدة القنينة (الكيان الداخلي)مكهربين إيجاباً أو زائداً يكون كعب القنينة (او الهيكل الخارجي) مكهرباً سلباً ، وبمقدار معادل تماماً ، اي انه : مهما كانت كمية الكهرباء المحمولة الى اعلى فهناك كمية معادلة تخرج من اسفل . . وبهذه الطريقة المدهشة تتمازج الكميتان من الكهرباء الزائد والناقص وتتوازنان في هذه القنينة العجيبة» (نفس المرجع الكتاب 3 ، 1747) .

وهذه تجربة أصبحت كلاسيكية تثبت هذه الأفكار بصورة مباشرة .

« ثبت خيطاً في الرصاصة التي تسلح كعب القنينة (الذي يشكل الهيكل الخارجي)، إحنِ الخيط نحو الاعلى بحيث تكون حلقته النهائية على مستوى حلقة الخيط المار في السدة، وعلى بعد 3 او 4 بوصات . كهرب القنينة ثم ضعها فوق الشمع . فاذا وضعت سدة معلقة بخيط من حرير بين هذين الخيطين فانها تتأرجح باستمرار من واحد الى واحد الى ان تفرغ القنينة من الكهرباء ؛ أي حتى تذهب بحثاً عن النار الكهربائية في الهيكل الداخلي لكي تنقله الى الهيكل الخارجي حتى يحصل التوازن ».

وهكذا تتضح قليلاً قليلاً نظرية السائل الوحيد التي صاغها فرانكلين Franklin بصورة كاملة سنة 1750، تحت عنوان « اراء وافتراضات تتعلق بخصائص ومفاعيل المادة الكهربائية ».

«1 ـ تقوم المادة الكهربائية وتتألف من جزيئات لطيفة الى اقصى حد لانها تستطيع التسرب الى المادة العادية حتى الاجسام الاكثر وزناً ، وبسهولة بالغة وحرية ، فلا تقف بوجهها اية مقاومة منظورة » . .

«3 ـ الشيء الذي يفرق المادة الكهربائية عن المادة العادية، هو ان جزيئات هذه المادة الاخيرة تتجاذب فيما بينها ، اما جزيئات المادة الكهربائية فتتنافر . . .

4 ـ ولكن، رغم ان جزيئات المادة الكهربائية تتنافر، فهي مشدودة ومنجذبة بكل مادة أخرى . . . »

«6 ـ وعلى هذا فالمادة العادية هي نوع من الاسفنج بالنسبة الى السائل الكهربائي. والاسفنجة لا تستطيع ان تمتص الماء اذا لم تكن الجزيئات المائية اصغر من مسام الاسفنجة، والامتصاص لا يتم الا ببطء اذا لم يكن هناك تجاذب متبادل بين هذه الجزيئات وجزيئات الاسفنجة. . . ويتم الامتصاص بسرعة اكبر اذا كان هناك بدلاً من الجذب، بين هذه الجزيئات المائية دفع متبادل، يعمل بالتعاون مع جذب الإسفنجة. وهذا ما يحصل بين المادة الكهربائية والمادة العادية.

7 ـ ولكن المادة تتضمن عموماً مقداراً من المادة الكهربائية بقدر استيعابها. فاذا اضفنا اليها اكثر فان هذه المادة الكهربائية تطفو على السطح وتشكل ما نسميه بالفضاء المغناطيسي : وعندها يكون الجسم مكهرباً » .

«9 ـ نحن نعلم ان السائل موجود في المادة العادية لاننا نستطيع امتصاصه الى الخارج بواسطة الكرة (الالة) او بواسطة الأنبوب . . »

«15 ـ ان شكل الفضاء هو مثل شكل الجسم المحاط . ويصبح هذا الفضاء مرئياً في الهواء الهادىء بواسطة دخان الصمغ . . . المنجذب والمنتشر ايضاً في كل الجهات مغطياً الجسم وساتراً له . . . » .

وتأتي بعد ذلك نظرية قوة المسننات او الابر الرفيعة ، والمعتمدة على تصور للفضاءات الكهربائية ، ويضيف فرانكلين Franklin .

«18 ـ هذا التفسير بدا لي مقنعاً تماماً عندما اتاني عفواً وحام في فكري . . . ولكنني الان اشعر ببعض الشك . . .

19 ـ ولكن ليس من المهم بالنسبة الينا معرفة كيفية مراقبة الطبيعة لقوانينها : ويكفينا ان نعرف هذه القوانين بالذات . والشيء المفيد بالنسبة الينا ان نعرف ان قطعة البورسلين اذا تركت بدون سند في الفضاء ، فانها تسقط وتتحطم . ولكن معرفة كيفية وقوعها ولماذا تتكسر فهو بحث تأملي فلسفي . وفي هذا لذة لنا ، ولكن بدونها نعرف كيف نحمي البورسلين » .

واللهجة الموضوعية ، والواقعية تقريباً في هذا المقطع الاخير تتعارض بشكل غريب مع وجهات النظر المصبوغة وما تزال بالميتافيزياء ، خلافاً للكثيرين من معاصري فرانكلين . « والاراء والافتراضات التي سبقت ، وحيث تتضح تماماً نظرية المائع الوحيد ، تتجاوز لحسن الحظ هذه الفلسفة الواقعية . الا انه لم يكن من غير المفيد دعمها لحظة وحتى المفارقة ، وذلك من اجل مقاومة تجاوز اخر معاكس وشديد الخطورة .

ان كل الوقائع تقريباً التي كانت معروفة في زمن فرانكلين تفسر بشكل نوعي بواسطة نظريته . ونحن نستطيع ان نرى فيها نوعاً من الرسيمه او التصميم لنظرية الالكترونات ، وهي جزيئات كهربائية اصغر من الذرات التي تبدو المادة العادية بالنسبة اليها نوعاً من الاسفنجة . ولكن للأسف : « هناك تجربة تثير عجبنا ، ولا نجد لها تفسيراً مقنعاً . . . فالاجسام التي تقل كهربتها عن الكمية العادية (اي المشحونة سلباً) تتدافع فيها بينها كما تتدافع الاجسام المثقلة اكثر من اللازم بالكهرباء» (نفس المرجع الكتاب 1748, 4) .

والجهود التي بذلها فرانكلين فيها بعد لكي يفسر هذه الواقعة ، والتي ارتكزت على فرضية الاجواء الكهربائية ، لم تكن ناجحة . وظل الامر حتى سنة 1759 حين اطلق ابينوس Aepinus الفرضية القائلة بان خلايا المادة العادية المحرومة من الكهرباء المرتبطة عادة بها ، تتدافع تماماً كما تتدافع جسيمات المادة الكهربائية .

وهكذا تتخذ نظرية المائع الوحيد شكلها المكتمل . ولكن هذه النظرية قلما تختلف عن نظرية

المائعين ، التي سوف يطورها ر. سيمر R.Symmer في نفس السنة (1759). والمناقشات اللاحقة بين انصار هذين السائلين سوف تبدو عقيمة ـ كما شعر بذلك تماماً رجال من امثال كولومب Coulomb ونظراً للتناظر بين خصائص المادة الكهربائية وخصائص المادة العادية، في النظرية التي اكملها ابينوس Aepinus، فمن الواجب الوصول بشكل طبيعي الى الافتراض ان هذه المادة العادية هي مادة كهربائية معكوسة من الاولى، وان النظرية الكهربائية للمادة قد سبق واكتشفت منذ قرن مضى. ولكن الافكار لم تكن ناضجة بعد ومعرفتها اي معرفة هذه الافكار بالظاهرات الكهربائية كانت مجزأة للغاية .

هذه المعرفة المجزأة والسطحية ، تفسر خطأ الاشارة الذي وقع فيه فرانكلين عندما قال بان المادة الكهربائية المتحركة تختلط وتشتبه بالكهرباء الزجاجية ، عند دوفي Dufay، والتي نسميها ايضاً كهرباء ايجابية . فقد ظن فرانكلين ، وهو يراقب تفريغ الشحنات بحِدات الاجسام الرفيعة ، وكذلك وهو يراقب ظاهرة الهواء الكهربائي، فظن انه يرى المائع يسيل من الإبر المشحونة ايجابياً . نحن نعلم اليوم ان المظاهر كانت خداعة ، وان الشحنات الكهربائية المتحركة، وهي اصغر بالنسبة الى خلايا المادة العادية ، تشكل الالكترونات السلبية .

وهناك شيء آخر ايضاً يصدمنا في نظرية فرانكلين : ذلك انه يخلط في مفهوم كهربائي واحد. المادة كهربائية والجو الكهربائي الذي يحيط بالاجسام المشحونة ، اي في الاساس، حقل قوتها. وكان هذا الالتباس معتاداً في منتصف القرن الثامن عشر: اذ نجده عند واطسون وعند الاباتي نوليه. وقد عملت بحوث ابينوس وكولومب، ثم التسرب النهائي لأفكار نيوتن في الكهرباء ، على التخلي تماماً عن فكرة الاجواء الكهربائية. ولكن هذه الفكرة ظهرت من جديد عند فراداي Faraday، انما معدلة تماماً وواضحة جداً ، ومرتبطة مباشرة بالتجربة ، ومتحررة من كل فرضية مادية .

الشاري (باراتونير) ـ بني مجد فرانكلين لدى الجمهور ، بشكل خاص على بحوثه حول الصاعقة وعلى اختراعه للشاري. في سنة 1749 اشار الى التماثل الكامل بين البرق والشرارة الكهربائية وتساءل حول خاصية اجتذابها بالمسلات الرفيعة ، هل ينطبق ايضاً على البرق ؟ .

وفي الحال اجرى تجربة : نَصَبَ مسلة حديدية رفيعة فوق برج عالٍ ووصلها بشريط ينزل نحو الارض. واستطاع رجل واقف فوق مقعد من شمع ان يلتقط شرارات كهربائية عند مرور غيمة مكهربة.

واجريت التجربة في ايار 1752 من قبل فرنسوا داليبار Fr. Dalibard، في مارلي. وكانت توقعات فرانكلين قد ثبتت كلها. وفي تشرين الاول اعاد فرانكلين التجربة بواسطة طائرة ورقية . ان الكهرباء لم تعد يومئذٍ مجرد فضول اكاديمي او فضول صالونات . إنها قوة طبيعية يمكن التوصل الى ضبطها. واختراع الشاري سوف يحمي البيوت والكنائس والسفن من صدمة الصاعقة. . . وذلك بسحب الكهرباء من الغيوم بصمت قبل ان تقترب لكي تضرب.

معاصرو فرانكلين وخلفاؤه ـ كانت نظرية ظاهرات التأثير الكهربائي كامنة في نظرية فرانكلين

Franklin حول زجاجة ليد. اننا لن نركز على تجارب ج. كانتون J.Canton (1753) الذي استخدم موازين الكهرباء ذات الكرات الفلينية ، وهو تحسين لميزان الكهرباء ذي الخطوط الذي صنعه دوفي، ولن نركز ايضاً على موازين فرانكلين Franklin بالذات .

والتحليل الدقيق لهذه المفاعيل يعود بصورة خاصة الى فرانـزابينوس Franz u.th. AEpinus والى تلميـذه ج. س. ويلكي J.C.Wilcke 1759 اللذين توصّلا الى تفسير هـذه المفاعيـل بصـورة كاملة ، بالجذب والدفع ، والتحرك الكهربائي، داخل الموصلات ، دون ادخال الاجواء المكونـة من انبثاقاتخارجة من أجسام مكهربة .وهذه النظرية هي بصورة اساسية نيوتنية رغم انها نوعية كيفية .

ونقطة الانطلاق في بحوث ابينوس كانت اكتشافاً تجريبياً مهماً هو اكتشاف « بيرو كهرباء » : اذا احميت إبرة بلورية من التورمالين، تصبح هـذه الابرة مكهـربة ، ايجـاباً في طـرف وسلباً في الاخـر. والقطبان الكهربائيان في هذه الابرة يشبهان تماماً قطبي المغناطيس. وحملتـه هذه المـلاحظة الى تـطوير نظرية المغناطيسات، والى المغنطة بالتأثير، المأخوذة من نظريته في الكهـرباء : ان السـائل المغنـاطيسي الوحيد يتحرك في الاجسام القابلة للمغنطة؛ وخلاياه تتدافع فيما بينها، وتنجذب بالمادة.

وهذه المادة تمتلك اذاً ، بشكل تراكمي خصائص جذب السائل الكهربائي والسائل المغناطيسي، كما انها تتدافع فيما بينها. وبعد ان تتشبع هذه المادة بالسائلين الكهربائي والمغناطيسي، لا تعود تتأثر الا بالجاذبية الكونية.

هذه التعقيدات[1] حملت بعض المفكـرين على تفضيـل فرضيـة السائلين الكهـربائيـين ، وهي فرضية اوحت بهـا تجارب دوفي ور. سيمبـر R.Symmer اقترحهـا سنة 1759، ولكن البـراهين التي قدمها، دعماً لها لم تكن ذات قيمة .

وكان السويدي ت. برغمان T.Bergman الذي بدا وكأنه قد طورها باكثر ما يكون من الدقة سنة 1765، بقانون مزدوج حفظي : فالسائلان موجودان سلفاً بكميات متساوية في كل جسم، وبحالة جمود؛ واقتراب جسم مكهرب جاذب لاحدهما يدفع بالاخر ويفصلهما ومن هنا تنتج ظاهرات التأثير.

وسوف نتكلم قريباً عن جوزيف برستلي Joseph Priestley الذي كانت اكتشافاتـه في كيمياء الغازات رئيسية والذي كان في الكهرباء خلفاً وتلميذاً مباشراً لفرانكلين .

IV ـ قياس القوى الكهربائية والمغناطيسية وقانون فعلها

في سنة 1749 اخترع ج.ب. روا J.B.le Roy وب. ارسي P. d'Arcy اول آلة تتيح قيـاس

(1) والتي كان ابينوس واعياً لها تماماً . ولكنه بعد أن بين عدم تضمنها التناقض ، طبقهـا كما هي ، عـلى الأقل كفرضيات عمل .

القوى الكهربائية ، وهو ميزان الكهرباء وميزان كثافة السوائل : وهو عوّامة فوق قضيب من معدن غاطس في الماء وفوقه عينة تقرب من العينة عينة اخرى متصلة بآلة كهربائية . وتحدث مفاعيل التأثير جذباً فيغطس ميزان الكثافة. ويعاد به الى وضعه الاول باوزان تعطي مقياس قوة الجذب. وفي سنة 1760 استخدم دانيال برنولي هذه الآلة ليدرس كيفية تغير المفاعيل الكهربائية تبعاً للمسافة بين العينتين. ويبدو ان مقاييسه قد حققت قانون المربع العكسي للمسافات . وهذا تقريباً ما كان يجب ان تعطيه هذه التجارب ، ولكن الظاهرة المدروسة كانت معقدة ولم يكن الامكان فهمها الا فيما بعد. ولهذا لا يمكن اعتبار النتائج التي حصل عليها دانيال برنولي ولم تعتبر كمقنعة .

ما قدمه برستلي Priestley ـ ان الكتاب الكلاسيكي الذي قدمه برستلي، وهو « الكهرباء في تاريخها وحاضرها ، مع تجارب اصيلة » ظهر سنة 1767 وطبع عدة طبعات وترجمات (اول طبعة فرنسية سنة 1771 بقلم م . ج . بريسون M.J.Brisson) .

وكانت مساهمته الاصيلة في علم الكهرباء مزدوجة. بالدرجة الاولى نجد فيه المقاييس الاولى ـ التقريبية جداً ـ للتوصيلات المتعلقة بمختلف المواد. ولكن هناك شيء اهم : لقد لاحظ برستلي ، بعد فرانكلين ان كرات الفلين لم تكن تتأثر بالكهرباء على الاطلاق ، الكهرباء الصادرة عن كأس ،معدني حبست فيه هذه الكرات. وبقول آخر ان الحقل المغناطيسي معدوم داخل مجوف معدني. واستنتج : « الا يمكن ان نستخلص من هذه التجربة ان جذب الكهرباء خاضع لنفس القوانين التي هي قوانين الجذب، وان الجاذبية الكهربائية بالتالي خاضعة لمربع المسافات ، اذ قد بُيِنَ انه ، اذا كان للارض شكل القوقعة، فالجسم الذي يكون في داخلها ألا يجذب من جهة أكثر من جهة أخرى ؟

وهنا يطرح برستلي سؤالاً فقط. فقد شعر تماماً ان بيانه ليس كاملاً . وقاعدة نيوتن لا تصلح الا للمجوفات الكروية . وقد عاد كافنديش Cavendish الى هذه التجربة بدقة شديدة انما بواسطة تجويف كروي .

جون ميشال John Michell ـ حتى الآن لم نشر الى العمل المهم الذي وضعه جون ميشال ، الذي صدر سنة 1750، في كتابه : « حول المغناطيس الاصطناعي » والذي سجل فيه اول تقدم مهم في القرن الثامن عشر ـ قبل نظرية ابينوس Aepinus ـ حول علم المغناطيس . وكان ميشال مثل فرانكلين ومثل ابينوس نيوتونياً خالصاً . وقد اكد ان كل قطب في مغناطيس يجذب او يدفع تماماً وبمسافات متساوية في كل الجهات ، وان الجذب او الدفع ينقصان تبعاً لزيادة مربع المسافة بالنسبة الى القطبين المتتالين . ولكن التجارب التي اراد بها اثبات هذا القانون بقيت قليلة الوضوح وقليلة الاقناع .

عمل كافنديش Cavendish ـ عرف فرانكلين الشحنة الكهربائية او كمية الكهرباء ولكنه لا هو ولا خلفاؤه لم يكونوا قادرين على قياس هذه الشحنة . وباستثناء بعض المحاولات التي سبقت الاشارة اليها ظلت كل التجارب وكل التفسيرات النظرية نوعية . والانتقال من النوعي الى الكمي

يعود الفضل فيه الى كافنديش والى كولومب. لم ينشر هنري كافنديش (1731 – 1810) الارسالتين ، في سنة 1771 و1776، في « المقالات الفلسفية » واولى هذه المذكرات الغنية بمادتها الجديدة ، كانت مقدمة لاعماله الاخرى. ولكنه بعد ان اصبح متشائماً، ترك هذه الاعمال الاخيرة مدفونة في اوراقه . وعثر عليها ماكسويل Maxwell ونشرها سنة 1879. وهذه هي النقاط الاساسية في مذكرته الاولى (1771): 1 ـ انطلق كافنديش من نظرية ابينوس ، واعتبر القوانين المختلفة الممكنة والمتعلقة بالتفاعلات الكهربائية ذات اس معاكس لمكثف n للمسافة . وبين ان هذا المكثف يجب ان يكون اقل من 3. ثم افترض مثل برستلي Priestley 2=n واستخرج النتائج الرياضية من هذه الفرضية : مفعول معدوم داخل كرة مجوفة ، توزيع سطحي للكهرباء في حالات خاصة مختلفة : كرة ، سطح ، سطحان متوازيان ، تأثير .

2 ـ في كل هذه النظرية تدخلت فكرة درجة التكهرب في موصل سماه فيها بعد « ضاغط الكهرباء » والذي لم يكن الا الزخم الكهربائي[1]. ان الجسمين المختلفي الشكل والموصولين بخيط موصل لا يحملان نفس الشحنة ولكنهما مكهربان بنفس الدرجة . والمفهومان الاساسيان في الكهرباء الثبوتية ، وهما الشحنة والزخم اصبحا معرفين بدقة .

ولم يكن لاعمال كافنديش اللاحقة ، نتيجة بقائها مجهولة طيلة مئة سنة ، لم يكن لها أي تأثير في تاريخ الفيزياء . وهي تتناول بصورة اساسية نقاطاً أربع .

1 ـ التحديد التجريبي للقانون (1772 – 1773) ($1/r^2$) : في كل نقطة داخل كرة موصلة مجوفة ومكهربة تكون المفاعيل الكهربائية معدومة . واثبات هذه القاعدة اتاح اثبات ان قانون المفاعيل الكهربائية هو قانون نيوتن ، لان اي قانون آخر لا يفي فيها بالغرض .

2 ـ تعريف طاقة الموصل. ان شحنات موصلين مكهربين بنفس الدرجة تتناسب مع طاقة هذين الموصلين . وهذه الطاقة يمكن ان تقارن ، بمقياس مباشر ، وذلك بازالة الشحنة بصورة تدريجية عن الموصلين بواسطة جسم صغير ، للتجربة .

3 ـ وطاقات الموصلين المسطحين المتشابهين اللذين الطبقة العازلة في الاول منهما مكونة من الهواء وفي الثاني مكونة من الشمع او من الزجاج ، هذه الطاقات ليست هي ذاتها . هذه الواقعة التي لن يعثر عليها الا فراداي Faraday أدت الى تعريف والى قياس الثوابت الكهربائية المضاعفة .

4 ـ المقارنة الدقيقة بين الايصاليات الكهربائية لمختلف الاجسام ـ وهذا ما يقتضي استشعاراً مسبقاً لقانون اوهم Ohm : « الحديد يوصل حوالي 400 مليون مرة افضل من ماء المطر ، اي ان الكهرباء لا تلاقي مقاومة في اجتياز خيط من حديد طوله 400 مليون بوصة كما تلاقي مقاومة من عامود

(1) لقد سبق لـ « دوفي » Dufay أن حدد درجة قوة الكهرباء ، وقاسها بتباعد خيطين في مقياسه الكهربائي . ولكنه وقف عند هذا الحد .

ماء من نفس القطر طوله فقط بوصة واحدة . وماء البحر . . . يوصل مئة مرة افضل، والمحلول المشبع بالملح يوصل حوالي 720 مرة من ماء المطر » .

ولا نستطيع هنا الالحاح على هذه التجارب البارعة جداً ، نشير فقط الى ان مفاهيم الشحنة والزخم بعد تحديدها تماماً كان لا بد ان توصل في النهاية ، وضمن حالة الجمود الى مفهوم القدرة ، وفي حالة الديناميك لا بد ان توصل الى مفاهيم الزخم « سرعة التيار »، والمقاومة .

شارل إغوستين كولومب Charles – Augustin Coulomb نظرية المغناطيسية ، القوانين الاساسية في المغناطيسية وفي الكهرباء المستقرة ـ قبل دراسة عمل كولومب نذكر بشأنه حكماً عليه من قبل ماكسويل : « يلاحظ ان اية تجربة من تجارب كولومب Coulomb لا تطابق اي تجربة من تجارب كافنديش : وطريقة كولومب هي خاصة به بكاملها . ولكن فضلاً عن ذلك ان فكرة الطاقة في الموصل ، كموضوع بحث تعزى تماماً الى كافنديش ، ولا يمكن ان نجد مثيلاً لها في عمل كولومب » .

كان شارل اوغستين كولومب (1736 – 1806) رجلاً كلاسيكياً في العلم . وهو مثل كافنديش، يمتلك امتلاكاً كاملاً الطرق الايجابية التي جهد خلفاء نيوتن في تطبيقها . وهو لم ينحرف عنها ابداً . والكثير من رسائله عنوانه بحوث نظرية وعملية حول . كان بآنٍ واحد مجرباً بارعاً ومنظراً عميقاً ، رغم ان الاداة الرياضية في اعماله كانت بسيطة للغاية . ومذكراته تتبع دائماً نظاماً لا يتغير : مقدمة نظرية مبنية على المعارف السابقة ، فرضيات عمل ،وصف للمعدات والاجهزة ، تجارب، نتائج عملية ، وعواقبها النظرية ، تجارب جديدة مستوحاة من وقائع جديدة مكتسبة وهكذا دواليك حتى الاستخلاصات النهائية والتطبيقات العملية .

وفي اعماله الاولى كضابط في سلاح الهندسة ، وضع أسس نظرية مقاومة المواد المستعملة (1773)، ثم، فيما بعد (1779) ، أعلن عن مبادىء الآلات البسيطة وعن قوانين الاحتكاك .

وفي سنة 1777 جذبت مسابقة اكاديمية انتباهه نحو المغناطيسية فوضع بشأنها مذكرة وبحوثاً حول«أفضل وسيلة لصناعة الابر المغناطيسية ». ولم تتضمن هذه المذكرة وصفات عملية ، بل دراسة عميقة للظاهرات ، فقد أسس اولاً على تجارب قديمة قام بها موشنبروك Musschenbroek وعلى تجاربه الخاصة ، مبدأين اساسيين يمكن تلخيصهما باللغة العصرية كما يلي :

الحقل المغناطيسي الارضي واحد موحد في مكان معين ، ومفعوله على مغناطيس يقتصر على مزدوج نسبي مع جيب (سينوس) الزاوية التي يحدثها المغناطيس مع توجه التوازني. من هذه المبادىء (مزدوج ، لا ـ قوة) ينتج «لاحق عام» يؤكد على ضرورة نظرية نيوتونية للمفاعيل المغناطيسية :

« ان اتجاه ابرة مغناطيسية لا يمكن ان يتعلق بسيل من السائل. . . انه ينتج عن التجربة [التي مفادها انه] ليست الاعاصير هي التي تحدث الظاهرات المختلفة التي تمغنط وانه ، لشرحها وتفسيرها ،

يتوجب بالضرورة اللجوء الى قوى جذابة ودفاعة من طبيعة القوى التي يتوجب استخدامها لتفسير جاذبية الاجسام والفيزياء السماوية » .

وانطلق كولومب من هذه المبادىء ، فوضع معادلة حركة ابرة مغناطيسية في حقل ارضي ، وادمجها في التأرجحات الصغرى ، وبينّ كيف يمكن استنتاج « توقيت القوة المغنطة » من مدة هذه التأرجحات ، وكيف يمكن مقارنة اللحظات المغناطيسية لمختلف المغناطيسيات ، فيما بينها .

وعندها قام بسلسلة من التدابير حول تأرجحات المغناطيسيات المعلقة بخيوط رفيعة . واصابه الحرج فتساءل ، هل مطاطية جدل الخيوط تشوه نتائجه . وبواسطة تجارب جديدة ، ازاح هذا الازعاج وذلك بوضع قوانين الجَدْل مع خطأ صغير فيها .

نشير اخيراً إلى انه (أي كولومب)، وهو يحاول صنع ابر جيدة للبوصلة ـ عرف ما نسميه اليوم الحقل المجرِّد من المغناطيسية ، وأوجد قواعد تتيح التخفيف منه .

وفي سنة 1784، عاد كولومب الى ابحاثه حول جَدْل الخيوط ، وصحح خطأه لسنة 1777، وقدم نظرية صحيحة ـ وبسيطة للغاية ـ عن القانون الذي اكتشفه .

وفي 1785 ظهرت اولى مذكراته الاساسية حول الكهرباء : بناء واستخدام ميزان كهربائي . . .

وميزانه معروف ومشهور ، فهو يتيح قياس القوة الى حد واحد على الف من الدين (= واحد على مليون من غرام وزن) ، وهذه الحساسية زادت فيها بعد . ولن نصف تجاربه الكلاسيكية حول الدفع الكهربائي ، اول تبيين دقيق ـ بعد تبيين كافنديش غير المنشور ـ لقانون كولومب .

وهناك مذكرة اخرى، في سنة 1785، وسعت القانون ليشمل الجاذبيات : تجارب دقيقة حول الميزان ، لان حمالات الكهرباء ذات الاشارات المتناقضة ، تميل الى التماس فيها بينها وتفقد شحنتها .

وهناك طريقة اخرى ، أبسط ، مرتكزة على قياس المدة مدة ارجحة ابرة عازلة تحمّل في طرف من اطرافها جسيماً صغيراً مكهرباً يتحرك ضمن حقل كرة مثقلة بكهرباء ذات اشارة معاكسة .

وفي نفس المذكرة توجد التجارب حول قانون المفاعيل المغناطيسية ، تجارب مجراة ايضاً بواسطة طريقتين ، الاولى ثبوتية (ستاتيك) والثانية متحرّكة او (ديناميكية) مع كل التصحيحات التي يقتضيها تعقيد الظاهرات .

وفي عمل ثالث لسنة 1785، اهتم كولومب بمفعول مزعج : تشتت او ضياع الكهرباء .

وهناك ثلاث مذكرات (1786, 1787, 1788) مخصصة لمسائل توزيع الكهرباء على الموصلات .

في المذكرة الاولى بين كولومب، بالتجربة ان « السائل الكهربائي ، لا ينتشر في اي جسم بفعل الألفة الكيميائية. . . بل انه يتوزع بين مختلف الاجسام المتماسة فيما بينها ، فقط بواسطة مفعوله

الدافع ». ثم بعدها « يتوصل الى حالة الاستقرار ، فينتشر فوق سطح الاجسام ولا يتسرب الى الداخل . ».

ومن اجل اقرار هذا المبدأ اخترع « خطة الفحص » المعروفة وجعلها نظرية . وبيّن ايضاً بواسطة التحليل الرياضي البسيط ، فرضية كان يعرفها كافنديش :

« ان المائع المحبوس في جسم ، حيث يستطيع التحرك بحرية ، ان تحرك بالدفع ، من كل اقسامه التمهيدية ، وبقوة اكبر من عكس المكعب. . . فيجب ان يظهر (أي المائع) على سطح الجسم ، ولا يجب ابداً أن يبقى في داخله » .

والمذكرتان لسنة 1787 ولسنة 1788 تقدّمان الحل التقريبي لمختلف مسائل توزيع الكهرباء على انظمة الموصلات . ولا يمكننا الا ان نشير الى دقة قياسات « الزخم الكهربائي » بواسطة « خطة الفحص »، والتحكم بالحسابات النظرية المرتكزة فقط على قانون الجذب والدفع وعلى فرضية حركية الشحنات ضمن الموصلات .

وهكذا وضعت اساس الكهرباء المستقرة (الكتروستاتيك) التجريبية والرياضية . ولم يكن امام خلفاء كولومب ومنهما بواسون Poisson ولورد كلفن Lord Kelvin الا اتباع النهج الذي رسم .

نركز فقط على نقطة : ان قانون كولومب يحدد تماماً « الكتلة الكهربائية (الجرم الكهربائي) اي الشحنة في الجسم . ويتيح ميزان كولومب قياس هذه الشحنة ، وبواسطة خطة التجربة ، ايضاً زخمها عند نقطة معينة . هذه المقادير ادخلت في الفيزياء بواسطة فرانكلين ، انما بشكل نصف كمي . وكان كافنديش قد قاسها بقيمة نسبية بواسطة طرق غير مباشرة . وهذه المقادير مرتبطة من حيث قيمتها الحسابية بالقيم الميكانيكية الاساسية ، ويمكن أن تخضع للحساب .

ما هي طبيعة هذه الشحنة؟ لقد وُجِدَ كولومب ، ككل معاصريه ، امام نظريتين : نظرية السائل الوحيد ، سائل فرانكلين وآبينوس، ونظرية السائلين التي قال بها سيمر Symmer وبرغمان Bergman . وكان موقفه متسماً بالحذر .

هذا ما ورد في مذكرته لسنة 1788 : « لما كان هذان التفسيران ليس فيهما إلا درجة من الاحتمالية الكبيرة إلى حد ما ، انبه إلى اني ، في حال افتراض وجود سائلين كهربائيين ، لم انو إلا أن أقدم ـ مع أدنى ما يمكن من العناصر ـ نتائج الحساب والتجربة وليس الاشارة إلى الأسباب الحقيقية للكهرباء » .

وفي مكان آخر يقول : « ان افتراض م . آبينوس M.AEpinus (السائل الوحيد) يعطي ، فيما يتعلق بالحساب ، نفس نتائج فرضية السائلين . واني افضل فرضية السائلين ، التي سبق واقترحها العديد من الفيزيائيين ، اذ من التناقض ـ كما يبدو لي ـ القول ، بآنٍ واحد ، بوجود قوة جاذبة في الجسم الواحد ، تعادل عكس مربع المسافات ، قوة مثبتة بالجاذبية الكونية ، وبوجود قوة دفع تعادل نفس القوة المعاكسة لمربع المسافات . »

وعاد كولومب في اعماله الاخيرة (1789 – 1801) الى دراسة المغناطيسية . وحاول في بادىء الامر في نظرية آبينوس او نظرية السائلين المتعادلين، ان يحسب « توزيع السائل المغناطيسي ، ضمن ابرة من فولاذ اسطوانية » .

فهو قد اضطر ، من اجل هذا ، الى اضافة « قوة ضاغطة تمنع السائل من السيلان من قسم من الابرة الى قسم آخر ، قوة يمكن ان نقارنها بالحك » الى الجذب والدفع . وما تزال فكرة وكلمة « قوة ضاغطة » صالحتين حتى اليوم .

واخيراً ان تجارب المغناطيسيات المكسورة حملته على اقتراح نظرية الخلوية في المغناطيسية : « اعتقد انه بالامكان التوفيق بين نتيجة التجارب ، وبين الحساب ، وذلك بادخال بعض التعديلات على الفرضيات ، وذلك مثلاً بافتراض ـ في نظام آبينوس ـ ان السائل المغناطيسي موجود في كل خلية . . . وانه يمكن ان ينتقل فيه من طرف الى طرف ، مما يعطي لكل خلية قطبين ، ولكن هذا السائل لا يستطيع ان ينتقل من خلية الى خلية .

وهكذا تحدد بوضوح ـ رغم ان الكلمات المناسبة غير موجودة في مذكرته ـ مفهوم « المغنطة » او « الاستقطاب المغناطيسي » .

وهكذا اجتزنا مع فرانكلين ، وبصورة خاصة مع كافنديش وكولومب، في مجال الكهرباء والمغناطيسية ، عتبة العلم الحديث . وهذا التطور متأخر ، بمدة قرن ـ عن تطور الميكانيك السماوي ، وعن ميكانيك الاجسام الصلبة والسوائل ، وعن قسم من البصريات . وهذا التأخر يفسر بالجدة ثم بصعوبة التجارب. ان نيوتن لم يكتشف شيئاً جديداً لا في المغناطيسية ولا في الكهربائية .

ويعزى هذا التأخير أيضاً الى ترسخ الصور الميكانيكية الموروثة عن الأقدمين ، انها صور نوعية ، وهي كما اثبت ذلك كولومب صور خاطئة بشكل بيّن .

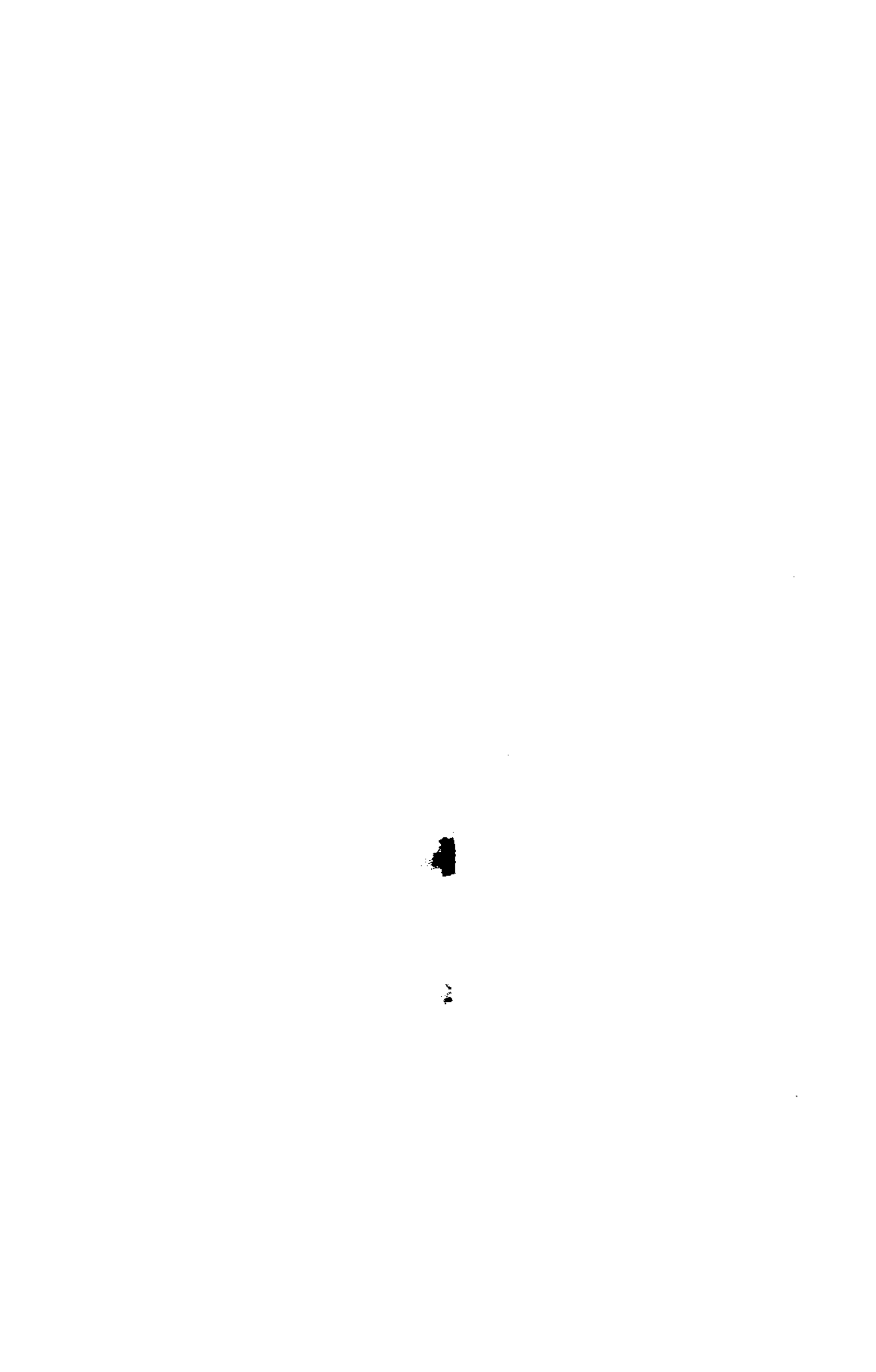
وفي القرن الثامن عشر اعتاد الفيزيائيون ان يستخدموا في كل المجالات « المفاعيل من بعيد » وفهموا ان المفاعيل التماسية بين الاجسام الصلبة ، التي هي اكثر الفة بالنسبة الينا ، ليست ، في عمقها ، مفهومة بصورة اكثر مباشرة وآنية . وهذا ما دلّ عليه النص التالي من موشنبروك Musschen-Brock (1739) .

« ورد اعتراض على نظام الجذب انه لا يمكن تصور تأثير جسمين احدهما على الاخر دون تماس متبادل بينهما . اني اوافق على هذا ايضاً. ولكني اعترف بدوري اني لا اعرف على الاطلاق اية فكرة عن المفعول المتبادل لاي جسم مهما كان . بالفعل ، يستحيل على الفكر البشري تصور ماهية فعل جسمين محمول احدهما تجاه الاخر ويتلامسان : لا توجد اية فكرة عن القوة التي تحركهما ، ولا تفهم كيفية انتقال هذه القوة من احدهما الى الاخر ، ولا كيفية حصول هذه القوة ، واخيراً كيف يمكن ان تتوقف هذه القوة عن العمل. ان في هذا سراً فوق طاقة فهمنا » .

وإذاً فقد نشأت الكهرباء الستاتية والمغناطيسية الستاتية قبل 1789، والقرن اللاحق لم يبق امامه الا استكمال الطرق التجريبية والحسابات النظرية .

وفيها بين 1791 و1800 اعتبر اكتشاف البطارية الكهربائية ، والكهرباء الديناميكية ، من قبل غالفاني Galvani وفولتا Volta، حدثاً جديداً غير متوقع ، وثورة ، وتوقف عن استمرارية تاريخ العلم الذي لم تتطور نتائجه الا بعد اكتشاف التحليل الكهربائي (الكتروليز) ثم الكهرباء المغناطيسية .

ولهذا يبدو لنا انه من الافضل ربط هذا التاريخ بتاريخ القرن التاسع عشر الذي سوف نعالجه في المجلد الثالث، القسم الاول من هذا المؤلف .



الفصل الخامس :
نشأة الكيمياء الحديثة

I ـ كيمياء الغازات

1 ـ تقدم المعارف العامة

كان الاكتشاف الاهم في الفترة الممتدة من 1650 الى 1750 تقريباً ، هو اكتشاف وجود اجسام غازية متنوعة في الهواء الفضائي . وهذا الاكتشاف ادى الى قيام لافوازيه Lavoisier باعماله الكبيرة والى اصلاح كل النظام الكيميائي ورغم انه كان يكفي زعزعة الكيمياء التقليدية فان هذا الاكتشاف ربما لم يكن يقدم الاساس الكافي لبناء النظام الجديد لو لم يكن هناك تقدم في المعرفة بالنسبة الى بقية الاجسام ، وبدات الوقت .

مهنة الكيميائي ـ حصل هذا التقدم على اثر المراقبات الصبورة التي قام بها كيميائيو القرن 17 وبداية القرن 18. لقد كانت ممارسة الكيمياء ما تزال يومئذ مهنة صعبة ، وفي اغلب الاحيان محتقرة . وكان العمل في المختبر ،وصيانة النار في الافران ثم عمليات الطحن والغسل الخ . متعبة ووسخة . وكانت حروق اليدين والوجوه والثياب بالنار او بالمستحضرات الحارقة ، ثم الانتقال المتتالي من الحار الى البارد ، كل ذلك كان موضوع شكاوى الكيميائيين المتكررة حتى مطلع القرن 19 . ويعبر الكتاب عن مرارتهم انهم تعرضوا لسخرية اولئك الذين لم يفهموا الغاية من جهودهم . الا ان عدد الكيميائيين لم ينفك يتزايد بسبب الارباح المرتفعة غالباً والتي كان من الممكن تحصيلها في هذه المهنة .

فضلاً عن ذلك اصبح نشر نتائج الاعمال اكثر سهولة واكثر نشاطاً في اواخر القرن الـ17 . وقد ساعدت هذه الظروف على تكاثر الاكتشافات .

واغلب هذه الاكتشافات تناولت المركبات العادية جداً ، والمستعملة منذ زمن بعيد، الا ان تركيبها الصحيح كان ما يزال غامضاً نوعاً ما . واخذت المواد القلوية تكتشف وكذلك المواد القلوية الترابية . وهناك معادن أخرى وأشباه معادن قد اكتشفت والعديد من الأملاح المعدنية دُرست بصورة أفضل .

معرفة المركبات القلوية والقلوية الترابية ـ هناك ملحان قلويان ـ لعبا دوراً كبيراً منذ مطلع القرن السابع عشر : سلفات الصودا وكلورير البوتاس. وقد اشهر غلوبير Glaubert الاول تحت اسم الملح المدهش او الملح بوليكرست Polycreste. ووصف وسيلة لاعداده ، وفي سنة 1732 حدد كلود جوزيف جيوفروا Claude Joseph Geoffroy تركيبه . كما ان الفوائد الهضمية في كلورير البوتاس او

ملح سلفيوس ، كانت مقدرة جداً أيضاً ، ولكن لم يكن بالامكان اكتشاف الفرق في التركيب الـذي كان يميزه عن الملح العادي . وكان تحضير املاح البوتاس في حالة جيـدة من النقاوة قـد استكمل في القرن 17 من قبل غلازر Glaser ومن قبل تاكينيوس Tachenius . وكانت معروفة باسم املاح التارتر Tartre . وكان التارترات المزدوج من الصودا والبوتـاس قـد أعـد لاول مرة ، سنـة 1672، من قبل سينيت Seignette فأخذ اسمه . ونشر اسلوب التحضير سنـة 1731، بآنٍ واحـد من قبل ش. ج. جيوفروا C.J.Geoffroy ومن قبل بولدوك Boulduc.

وحضر اساس الملح البحري، وهو الصودا ، لاول مرة سنة 1736 من قبل دوهاميل Duhamel الذي فكك الـزاج او النيتر المقابل بواسطة الفحم . وبعد هذه الاعمال، برز التمييز بـين الصودا والبوتاس من قبـل برانـدت Brandt سنة 1746، ثم اوضحـه مارغـراف Margraff الذي ميـز بين املاحهما بفضل الحبيبات واللون الاصفر او الاحمر الـذي يأخـذه لهب كل منهـما . وسمى مارغـراف الصـودا بالقلوي الثابت شبه المعدني والبوتاس، القلوي الثابت النباتي .

وتوضحت طبيعة الكلس بتمهل اكبر. فقد اختلفت كثيراً الافكار حول تركيبه . فقد كان على العموم يصنف بين الاملاح . واكتشف تركيب الجبس سنة 1747، من قبل ماكر Macquer، الذي تعرف على وجود الآسيد سلفوريك المتحد مع الكلس، وتأكد ذلك سنة 1750 عـلى يد مـارغراف . وعملت بحوث بلاك Black حول تثبيت الغاز كاربونيك (ثاني اوكسيد الكاربون)، وتكون كربونات الكلس على اشاعة الفكرة منذ 1755، بان الكلس هو تربة قلوية .

وبذات الوقت ، عرفت طبيعة المغنيسيا . وقد مضى أقل من نصف قرن على إشاعة الصيادلة استعمال هذه البودرة المسماة المغنيسيا البيضاء ، معارضة المغنيسيا السوداء أو تربة الزجاجين (أوكسيد المانغنيز) المعروف منذ زمن بعيد . ويبدو أن المغنيسيا البيضاء قد حضرت أول الأمر في ايطاليا. وعرض الكيميائي الألماني فردريك هوفمان Friedrich سنة 1722 ، طريقة استخراجه من بعض المياه المعدنية . وتخصص بلاك في دراسة كاربونات المغنيسيا لكي يحسم نقاشاً طبياً . فعرف ماهية المغنيسيا واكتشف الغاز كاربونيك .

في تلك الحقبة، كان قد بدىء بمعرفة وجود مركبات الباريوم ، تحت مظهر « السبات الوازن » الذي كان يعتبر بمثابة سلفات الكالسيوم . وبين مارغـراف ان تحليله لا يعطي الكلس ، بـل ترسبـاً مختلفاً . في هذه الاثناء لم تعرف ماهية الباريت تماماً الا من قبل الكيميائيين من جيل شيلي Scheele.

ان التربة القلوية والقلويات الترابية ظلت لمدة طويلة تعتبر كأجسام بسيطة. واقرَّ لافـوازيه الشـك حول هذا الموضوع .

اكتشاف معادن جديدة ـ بخلال القرن 18 اغتنى كاتالوغ المعادن بشكل مهم . كان الزنك معروفاً ومستخدماً منذ اقدم العصور باسم اللتون الذي كان يحضر بمزج الفحم بالكدميا او بـالحجر

الكاليني المغشى بالنحاس . وكان الزنك معروفا بالحالة المعدنية الصافية ، انما باسم الفضة الكاذبة ، وهذا يدل على مقدار البلبلة التي كانت تحيط بطبيعته . ان كلمة زنك قد استعملها سابقاً باراسلس Paracelse، ولكنها لم تستعمل بصورة شائعة الا في حوالي 1720، وعرف تحضيره بالتفكيك على الساخن ، للحجر الكاليني ثم استخلاص المعدن منه ، في اوروبا حوالي تلك الحقبة . وذكرت عدة اساليب من قبل المعدّن السويدي سواب (1742) Swab، والكيميائي الالماني مارغراف (1746) الخ . وكان الزنك المستعمل في اوروبا حتى ذلك الحين يأتي بصورة رئيسية من الهند. واكتشفت طبيعة البلند Blende من قبل السويدي فونك Funck. اما صنع الزنك بشكل صناعي، فلم يحصل في اوروبا الا في اواخر سنوات القرن الثامن عشر .

وقد ازيل الابهام والغموض حول طبيعة البزموت في مذكرات هلوت (1737) Hellot وبوت (1739) Pott وجيوفروا Geoffroy الصغير 1753 . وأتاحت مذكرة جيوفروا Geoffroy تحديد خصائصه بدقة .

واكتشف الكوبالت والنيكل بخلال نفس الحقبة . والحقيقة ان مركباتها كانت تستعمل ايضاً منذ زمن بعيد، وقد حولت الى حالة معدنية في حقبة بعيدة جداً . دون ان يستطاع تحديد ماهية المعدن .

وعزل الكوبالت سنة 1742 من قبل برندت Brandt الذي اعطاه اسم شبه المعدن الذي استخلصه منه. واكتشف النيكل من قبل كيميائيين سويديين ، عبر تربة معدنية حمراء ، « الكنفرنيكل » . ويعود الفضل في الدراسات الاساسية حول هذا الموضوع الى الكيميائي كروتستد Cronstedt (1751) و(1754)، الذي وصف الخصائص الكيميائية والفيزيائية «للريغول» (أو النيكل المعدني) وعرف خصائصه المغناطيسية ، ولكنه عزاها الى وجود كمية صغيرة من الحديد. واستكملت معرفة النيكل بدراسات برغمان Bergman.

وأثار اكتشاف معدن جليل حماس الكيميائيين من منتصف القرن 18 ذلك هو البلاتين . وقد عرفت منه بعض العينات في اوروبا حوالي 1740. وكان بعضها مجلوباً من جامايكا ، على يد برونريغ Brownrigg الذي قدمها الى الجمعية الملكية سنة 1750. اما العينات الاخرى فجلبت من البيرو من قبل الرياضي الاسباني انتونيو ڤيلوا Antonio de Viloa. ونشرت اولى مذكرة حول البلاتين من قبل المجرب essayeur الانكليزي ، شارل وودCharles Wood سنة 1746. وفي سنة 1758، اصدر وليم لويس William Lewis عملاً مهما حول المعدن الجديد كان يسمى يومئذ البلاتين ، او الذهب الابيض أو المعدن الثامن. وبخلال هذه السنوات اهتم الكيميائيون في كل البلدان بالبلاتين ومن بينهم مارغراف، وماكر، وبومي، وبرغمان. واستعمل لافوازيه المحرق Chalumeau الايدروجيني لاول مرة، وبواسطته استطاع تبيين التركيب الصحيح للماء ، لتذويب البلاتين سنة 1783. وبحوالي اواخر القرن استعمل البلاتين لفبركة مرايا التلسكوب، ثم لمعايير النظام المتري.

ومجمل المعارف في الكيمياء المعدنية استكمل بدراسات عدة حول الاملاح المعدنية. وهكذا عرف تركيب سولفات الحديد من قبل جيوفروا الكبير سنة 1728، اما تركيب الالونات Aluns فقد

عرف بسلسلة من الاعمال امتدت حتى شملت كامل القرن 18 تقريباً ، ومعظمها يعود الفضل فيه . عموماً الى جيوفروا ، وبوت ومارغراف، وفيها بعد فوكلين . وفيها يتعلق باملاح الحديد، تمكن الاشارة ايضاً الى اكتشاف ازرق بروسيا الحاصل في برلين على يد ديسباش Diesbach سنة 1710، على اثر سلسلة من الاحداث العارضة . واحتفظ بسر صناعة هذا الملون الذي عرف في الحال نجاحاً مدهشاً. حتى سنة1724 . ونشرت عدة طرق في انكلترا ابتداء من هذا التاريخ ،ثمّ بين ماكر Macquer سنة 1752 ان التلوين يعزى الى تكون مركب حديدي ضمن وسط قلوي ، مع مادة مجهولة ، هو الآسيد بروسي الذي اكتشفه شيلي Scheele سنة 1783.

وتجب الاشارة في اواخر القرن السابع عشر ، الى ظهور تحضير الاوكسيد الاحمر الزئبقي ، في الوصفات الكيميائية ، وذلك بواسطة تكليس المعدن. وهي عملية سوف تلعب فيها بعد دوراً كبيراً في تاريخ الكيمياء . فقد كانوا من قبل لا يعرفون كيف يحضرون الاوكسيد الحاصل من جراء تفكيك او ترسيب نيترات الزئبق . وقد أشار بغين Béguin الى الاسلوب عن طريق التنشيف ولكن غلازر Glaser لم يكن يعرف هذا الاسلوب على ما يبدو . ووصفه بويل Boyle وعرف ان الاوكسيد قابل للتفكيك بالحرارة . وتكلم اتمولر Ettmuller عن « الترسيب العجيب للزئبق بذاته ». وسمي هذا الاوكسيد « المترسب بذاته » .

الاسيد بوريك والفوسفور - واثارت حادثتان اخريان سلاسل طويلة من البحوث. وكان الاول، سنة 1702، اكتشاف الاسيد بوريك من قبل هومبرغ Homberg الذي سماه الملح المخدّر واستخرج الكيميائي الالماني هذا الاسيد الجديد من البوراكس الذي كان يستعمل منذ زمن بعيد ولكن تركيبه لم يكن بعد قد عرف . وقام على التوالي: لويس ليمري Louis Lémery، وجيوفروا البكر، وبوت ، وبارون Baron، ببحوث حول هذا الجسم . وفي حوالي آخر القرن ، اكتشف الوجود الغزير للاسيد بوريك في مياه بعض البحيرات ، وتأمن انتاجه بسهولة .

وأثار اكتشاف الفوسفور الفضول مثل ما فعل البلاتين . واكتشافه يعود الى سنة 1669، وهي السنة التي نجح فيها طبيب من هامبورغ Hambourg، براند Brand، في اعداد مادة غامضة تلمع في الظلام ، ومن هنا اسم الفوسفور الذي اطلق عليها ، وذلك بواسطة اسلوب مجهول . ونجح الالماني ج. كونكل J.Kunkel بعد عدة اسابيع في الحصول عليها وذلك بتكليس رسوب البول المتبخر . وعثر هومبرغ وبويل ، كل من جهته ، على الطريقة ، وتلقت الاسماء المحضرة هكذا ، في البداية اسماء متنوعة : فوسفور كونكل ، وفوسفور انكلترا . وظل الفوسفور عجيبة مختبر مدة طويلة ، إلى ان اذاع شيلي أسلوب سحبه من العظام . وكان حرق الفوسفور احد اوائل اهتمامات ودراسة لافوازيه .

2 - إكتشاف الغازات

الى جانب هذه الاعمال ، التي عملت بصورة تدريجية على تغيير كاتالوغ المركبات الكيميائية ، اشتهرت هذه الحقبة الخصبة جداً بصورة خاصة باكتشاف الاجسام الغازية . ومن اجل العثور على

اصلها تجب العودة الى منتصف القرن السابع عشر ، بل والى ابعد . وبالفعل ان مسألة مشاركة الهواء في مفاعيل الاحتراق وفي التنفس ، والذي اطلق مبعث هذه الاكتشافات ، قد بحثت بصورة خاصة من قبل الكيميائيين من جيل بويل ، ولكن كان قد مضى تقريباً حوالي قرن ونصف قرن قبل ان يشتبه بوجود الظاهرة الاساسية .

تزايد اوزان المعادن المتكلسة ـ كان من المعروف منذ زمن بعيد ان الرصاص والقصدير يزداد وزنهما عندما يتكلسان في الهواء الطلق . والواقعة مذكورة في كتابات غاليان Galien وذكرها العديد من مؤلفي القرون الوسطى . وفي القرن 16 بدأ الحديث عنها يتكاثر . وحاول سكاليجر Scaliger وكاردان ، Cardanوفاكس Fachs ، وليبافيوس Lībavius، وسيزالبينو Cesalpino اعطاءها تفسيراً يرتكز على وزن جزيئات النار المتعلقة بالمعدن . وقدم بيرنغوشيو Biringuccio سنة 1540، تفسيراً مختلفاً ، حين اعتبر ان النار تطرد الاقسام الاخف من المعدن الذي يصبح بالتالي اكثر وزناً مثل جسم الحيوان الميت الذي ذهبت منه الروح التي كانت تحمله طيلة حياته . والى ان تم العثور على الحل الصحيح ، دارت كل التفسيرات المقدمة حول هذين المذهبين .

ونشر الطبيب البريغوردي ، جان ري Jean Rey، حول هذه المسألة ، سنة 1630 « تجارب » جرى الكلام حولها خلال فترة من الزمن ، ولكنها سرعان ما سقطت في النسيان . وتقوم اطروحة جان ري على ان زيادة الوزن تتأتى عن قسم كثيف من الهواء يعلق على المعدن . وقد جعلت هذه الاقسام اثقل لان الهواء تحت تأثير النار ، فقد عناصره الاخف . وبشكل آخر، ان تفسيره يتصل بتفسير بيرنغوشيو . ولم يقدم ري ملاحظات خاصة . بل استمد استنتاجاته من التحليلات الديالكتيكية . وهكذا نرى كم هو غير صحيح الزعم الرامي الى جعله طليعة لافوازيه، وهو تأكيد موجود في كل الكتابات منذ القرن 18 حتى ايامنا .

وفي نفس الحقبة تقع اعمال فان هلمونت Helmont الذي جرى الكلام عنها في فصل سابق . فكلمة «غاز» في نظره لا تمثل سائلاً هوائي الشكل بقدر ما تمثل « روحاً » بالمعنى التقليدي للكلمة ، والذي يتجلى بمفاعيل فيزيائية وفيزيولوجية . ولاحظ فان هلمونت انه (اي الغاز) يظهر في اشتعال الفحم ، وفي انفجار البارود وفي التخمير ، وفي حرق بعض الاملاح بالآسيد . وعزا اليه الاختناق في براميل الخمر وفي المغاور. وربما كان فان هلمونت الاول الذي اشار الى انه لو وضعنا شمعداناً تحت جرس مقلوب فوق وعاء ماء وبعد انطفاء اللهب فان حجم الهواء المحبوس يتدنى .

ولفت اختراع المضخة الهوائية من قبل اوتوغيريك Otto de Guericke الانتباه الى خصائص الهواء ، وفتح تياراً واسعاً من الاعمال سوف يؤدي الى نتائج مهمة جداً في الفيزياء والكيمياء ، وبصورة خاصة الى اكتشاف الغازات . اذ ساعد استعمال المضخة الماصة للهواء ان ينفذ تقنية استخدامها .

نظريات بويل Boyle، وهوك Hooke، ومايو Mayow ـ زيادة على القانون الفيزيائي

للغازات عرّفت اعمال العالم الانكليزي الكبير بالوسيلة التي تمكن من جمع الغازات في وعاء مملوء بالماء ومقلوب . وجمع بويل الغاز الذي يتصاعد من حرق الحديد بالاسيد سيلفوريك المميع ، ولكنه لم يكشف هوية الهيدروجين. وبواسطة المضخة الهوائية استطاع تحديد تأثير الهواء في الاحتراق ، حين لاحظ ان ندرة الهواء تطفيء النار ، وان عوداً من الخشب في حالة الانطفاء يستعيد اللهب عندما يدخل الهواء الجديد الى الوعاء . واجرى نفس الملاحظة في تنفس الطيور والفأر . وهكذا تعرف الى قسم من الهواء فقط يمتص بالاشتعال او بالتنفس ، واستنتج من ذلك وجود شيء ما في الهواء يغذي في آن واحد التنفس والاحتراق او النار والحياة . وبعده عبر روبر هوك Robert Hooke، وجون مايو John Mayow، عن نفس الفكرة مطلقين على هذا المبدأ اسم « نيتر الهواء » وكان بويل اقل حظاً في تجاربه حول تكلس المعادن في اناء مقفل . وقد اجرى تجاربه بمهارة كبيرة وبعناية اكبر ، فوزن المادة قبل وبعد التكلس ، وتحقق بالتجربة بدون معدن ان وزن الوعاء لم يتغير اثناء العملية . ولكنه لم يفكر في وزن الوعاء المختوم الذي يتضمن المعدن قبل تكلسه وبعده . فلم يستطع التعرف ان وزن المجموع لم يتغير وان زيادة المعدن المتكلس تتعلق فقط بامتصاص هذا المعدن المتكلس لقسم من الهواء المحبوس في الوعاء . وهكذا اقترب من الاكتشاف الذي سوف يجريه لافوازيه بعد قرن من الزمن . واكتفى بويل بتفسير صيغ قبله بفترة طويلة : ان زيادة وزن المعدن المتكلس تعود الى تعلق جزيئات من النار التي تخترق الغشاء الخارجي للاناء .

واعملت نظرية هوك ، التي صيغت بذات الوقت ، النيتر الهوائي ، او بصورة ادق مادة «شبيهة ان لم تكن هي نفسها، شبيهة بالمادة التي تعلق بملح البارود»، كمذوب لكل الاحتراقات، وتقترب نظرية مايو من نظرية بويل ، ولكن مايو اكثر دقة ووضوحاً وأكثر جزماً . إذ قال في تفسير التنفس بواسطة هذه المادة (او هذا المبدأ) المخلوطة بالهواء ، انها يمتصها الدم الذي بفضلها يتحول من دم وريدي الى دم شرياني . وفي ما خص التكلس والاحتراق ، تطلع ايضاً الى تفاعل حقيقي بين جزيئات النيتر الهوائي والانتيموان (الذي كان موضوع تجربته) او اللهب ، فاذا حرم الهواء من هذه الجزيئات لم يعد فيه قوة الحرق .

استخدام الغازات : مايو Mayow وهال Hales ـ كان مايو الكيميائي الاكثر دقة حول هذا الموضوع ، وضمن حالة الافكار العامة في زمنه حول المادة ، بدا الاكثر وضوح رؤية . وقد كان له ايضاً الفضل في انشاء تقنية حقيقية حول استعمال الغازات ، مستخدماً طاسة الماء والانابيب المحنية لنقل الغازات من وعاء الى وعاء ، كما أوجد واستكمل الوسائل المختلفة لحرق المواد او لبعث التفاعلات في انابيب التجربة المقلوبة .

وقضى مايو Mayow شاباً وسقط كتاباه بسرعة في النسيان . واستدعت هذه المسائل التي شغلت بشكل خاص الكيميائيين الانكليز ، الاهتمام القليل لدى خلفائهم . ولم تناقش النظريات التي صيغت . انها لم تكن تحوز على الاطلاق رضى اي احد ، ولكن فضلا عن ذلك ، كانت صعوبة الخروج من هذا المأزق تثني الكيميائيين وتثبط همتهم . الا ان اساليب مايو لم تنس تماماً ولم تضع . فقد

بقي لنا منها مثلاً كتاب صغير نشر سنة 1719 من قبل فيزيائي غير مشهور هو مواترل ديليمون Moitrel d'Element وفيه يصف الاستعمالات المشابهة . وستيفن هال (1677 – 1761) هو الذي عرف حقاً بالاجهزة وبالطرق الكفيلة لجمع الغازات .

واجرى هال تجارب عديدة حول تنفس النباتات وحول التخمرات وحول كل التفاعلات الكيميائية التي تصاعد غازاً . وارسل ملاحظاته الى الجمعية الملكية . ونشر مجمل اعماله سنة 1727 تحت عنوان « فيجيتابل ستاتيك » . ونجح كتابه نجاحاً كبيراً . وترجم الى الفرنسية من قبل بوفون Buffon سنة 1735 وقرأه كل علماء القرن الـ18 . وعلم فيه اساليب التعامل مع الغازات . وسنداً لاوصاف تجاربه ، من المؤكد ان هال قد حضر واستحصل على كل الغازات تقريباً التي كانت معروفة بخلال الخمسين سنة التي تلت . الا انه لم يحدد ماهية اي منها او يصفه . وتوقف تقريباً عند النظرية التقليدية التي تقول بان الغازات المجمعة في ظروف مختلفة ليست الا هواءاً افسدته مواد متنوعة . واذا كان قد عرف بان الهواء يلعب دوراً في التنفس فان التفسير الذي يقدمه عن الظاهرات ، هو اقل تقدماً من تفسيرات الانكليز من الجيل السابق . وقد افترض ان الهواء يفقد مرونته ويصبح غير صالح لنفخ الرئتين .

هل اعاق السائل الناري اكتشاف الغازات ؟ ـ ظل الكيميائيون لمدة طويلة غير قادرين على تفسير الظاهرات التي يلاحظونها تفسيراً معقولاً . وقد عُزي في الغالب الى نظرية السائل الناري هذا النوع من العقم امام مسائل الغازات . والحقيقة ان شيئاً من هذا لم يكن . لا شك ان نظرية ستاهل Stahl قد بلورت وقننت ضمن صيغة حديثة مجملاً من المفاهيم التقليدية ، وساعدت على استمرار حالة ذهنية لم تساهم هي في انشائها . ولكن ، حتى ولو لم يكن للسائل الناري اي نجاح ، كان له في السابق ، فان المفاهيم التقليدية لم تصب بأي نظام آخر بديل كما اصيبت به . وكانت سيادة السائل الناري قد طالت دون ان يعارضها اي نظام آخر .

وقد انهارت مملكة السائل الناري منذ ان استطاع لافوازيه فتح باب المناقشة لصالح نظريته الخاصة . واذا كان الصراع عنيفاً فهو لم يطل : 10 سنوات فقط . والتأثير السيء للسائل الناري على تقدم الكيمياء ليس الا خرافة . فهذه النظرية بصورة خاصة لم تؤخر على الاطلاق اكتشاف الغازات ، اكتشافاً تم على يد القائلين بالسائل الناري المقتنعين .

الهواء الثابت ـ لم تكن مسألة دور الهواء في الاحتراق او في التنفس هي التي ادت الى النتائج الاولى الايجابية ، في هذا المجال ، بل مسألة تكون غاز الكربون وتثبيته . لقد تطورت دراسة المياه الطبيعية طيلة النصف الاول من القرن الثامن عشر . وقد استطاع فينيل Venel الذي نشر عدة مذكرات حول هذا الموضوع ، ان يحصل على الغاز الكربوني دون ان يعرفه . ويعزى هذا الاكتشاف إلى الكيميائي الاسكتلندي جوزف بلاك Joseph Black . وقد أضفى بلاك على الكربونات القلوية ملاحظاته التي اجراها حوالي 1755 على كربونات المنغنيز والكلس وحدد الظروف التي ينشأ فيها الغاز الكربوني : مفعول النار ، ومفعول الاسيدات . وعرف ان هذا الغاز مستوعب بالمحلولات

القلوية ، وانه يرسب ماء الكلس ، ويحرمه من قوته الحارقة . وبسبب اساليب تحضيره ، سمى هذا الغاز بالهواء الثابت(1) .

وتفوق بلاك على سابقيه بدقة وصحة ملاحظاته ثم بتأكيده ان الهواء الثابت هو جسم يختلف عن الهواء الفضائي . وقلب هذا المفهوم الافكار المستقرة . ورغم رفض العناصر الارسطية منذ قرنين ، فقد ظلت تحتل مكانة ممتازة في عقول الكيميائيين . ولم تعد تعتبر تقريباً كمبادىء مكونة للمادة ؛ والنار لم تعد تحتفظ الا بصفة جسمانية غير معترف بها . واذا كانت الارض قد فقدت واحديتها ، فان الامر لم يكن كذلك بالنسبة الى الهواء والماء . وقامت المناقشات الحامية حول نظرية بلاك . لقد درس الكيميائي الايطالي « دي سالوس » de Saluces غازات بارود المدافع قبل ان يعلن بلاك عن اعماله بقليل . وبعد عدة سنوات اعترف الاسكتلندي ماكبريد Macbride أن الهواء المتصاعد أثناء التخمرات هو هواء ثابت(1) .

وناقضت نظرية ملائمة للتصورات التقليدية نظرية بلاك ، وكان القائم بهذا صيدلي من أوسنا برك Osna Brük ، فردريك مير Friedrick Meyer ، الذي أوجد لهذه الغاية كائناً جديداً ، قريباً من (الفلوجيستيك) أو السائل الناري هو « الآسيد البنغي » . هذا الآسيد ، الذي تمتصه كاربونات الكلس أثناء تكلسها ، يحولها إلى كلس حي . فإذا انفصل (الآسيد) عن الكلس ، تسبب بتحوله إلى كاربونات . ونشرت نظرية مير سنة 1764 ، فحاربها أستاذ من فيّنا ، جاكين Jacquin . وإن هي وجدت من يدافع عنها ، وخاصة في ألمانيا ، فإنها لم تكن إلا ذريعة نقاش استعملها الخصوم المتزمتون للهواءات .

الهواء القابل للاشتعال : في حين كان هذا النقاش يتتالى ، عرف هنري كافنديش Henry Cavendish الهيدروجين سنة 1765 . والهيدروجين ، كما هو حال الغاز الكاربوني ، قد سبق وحُضرّ كثيراً .

وكان من المعروف بشكل خاص أن حرق الحديد بالاسيد الكبريتي ، المجمع يتسبب في تشكيل هواء . واقرَّ كافنديش بوضوح خاصيته الاحتراقية والانفجارية عندما يمتزج بالهواء الفضائي ، وسماه بالهواء القابل للاحتراق . وحدد ذوبانيته، كما عمل ، بخلال السنوات اللاحقة ، على تحديد الثقل النوعي وذوبانية الغاز الكاربوني . وكان هذا الاكتشاف الجديد سبباً في مناقشات أخرى ؛ فقد كانت هناك عدة هواءات قابلة للالتهاب معروفة : منها التي تتصاعد من تقطيرات النباتات ، ثم الهواء الذي يتصاعد من صب الأسيد الكلوريدري على الزنك . ومع ذلك ظلَّ هناك نوع من الالتباس والغموض يسود ، ولمدة ، موضوعها .

(1) إن كلمة غاز التي استعملها فان هلمونت Van Helmont لم تشع في الإستعمال . وكل الغازات التي اكتشفت بعد بلاك ، سميت أولاً « الهواءات » . وماكر هو الذي أشاع استعمال كلمة غاز بالمعنى الحديث في قاموسه الكيميائي المنشور سنة 1766 .

وحقق كافنديش أيضاً تقدماً كبيراً ، بالتحكم بالغازات عن طريق ادخال طاسة الزئبق التي أتاحت للكيميائيين أن يحصلوا على الغازات القابلة للذوبان في الماء والتي ظلت لفترة تفوتهم .

اكتشافات برستلي Priestley : لقد استيقظ فضول جوزف برستلي (1733-1804) نحو الكيمياء في ذلك الحين . وهذا الحدث طبع بعمق تاريخ الكيمياء . لقد اهتم اللاهوتي الانكليزي، بالفيزياء ، ووجود معمل للبيرة قرب منزله دفعه الى العودة الى دراسة الغاز الكاربوني . كان برستلي يمتلك موهبات المجرب والملاحظ التي أتاحت له بسرعة اكتشاف عدة غازات جديدة بوسائل متواضعة نسبياً . وبدا ، بفضل أهمية اكتشافاته كاحد أكبر الكيميائيين في تلك الحقبة . إلا أنه لم يكن يمتلك عقلية علمية حقة .

لقد كان مدفوعاً بالهام أكيد ، فكان يجرب بمهارة ، إنما ، بحسب الصدفة تقريباً ، « ليرى » ما هي نتائج التجربة . ولم يهتم الا « بالهواءات » . ولم يعر ادنى الاهتمام للمردودات التي يمكن لاكتشافاته الخاصة أن تحدثها في النظرية الكيميائية . وكان مقتنعاً بفخامة نظرية ستاهل Stahl ، وظل نصيراً لها لا ينثني .

ولم يدم ولعه بالهواءات إلا حوالى عشر سنين . ورغم استمراره في العناية بمختبره ، ورغم متابعته باهتمام التغييرات في الكيمياء ، مناقضاً لافكار لافوازيه Lavoisier ، إلا أنه قلّما كرس نفسه للبحث الكيميائي بعد سنة 1777 ، وهناك مزية أخرى من مزايا برستلي ، وهو عجلته في التعريف بملاحظاته . فمنذ آذار 1772 ، قدمها للجمعية الملكية ، تم نشرها في ستة مجلدات صدرت سنة 1774 و1777 تحت عنوان : « تجارب وملاحظات حول مختلف أنواع الهواء » .

باشر برستلي أولاً في التجارب حول الهواء الثابت ، والتي نفذت قبله ونشر في سنة 1771 كتاباً صغيراً حول تحضير « ماء سلتز » . وأدت به هذه الاعمال الى ملاحظة مفاعيل الغاز على التنفس وعلى الاحتراق وكانت نقطة انطلاق السلسلة الرائعة من البحوث التي كانت خاتمتها اكتشاف الاوكسجين .

وبعد أن عرف أن التنفس والاحتراق لا يحصلان في هواء فاسد ، حاول أن يوضح كل الظروف التي تفسد الهواء . وفي سنة 1772 جمع بصورة متتابعة الهواء الآسيد (الاسيد كلوريدري الغازي) والهواء النيتري (بيواوكسيد دازوت) ، وكان هذا الاخير يحصل بفعل الاسيد نيتريك على النحاس أو الزئبق ؛ وفي سنة 1772 ، حصل على الهواء النيتري غير الناري (برتوكسيد دازوت) وعرف خاصيته المساعدة على الحريق . واكتشف أن الهواء النيتري اذا وضع مع كمية من الهواء الفضائي الموزونة فهو يحدث نقصاً في الحجم ، وهذا لا يحدث مع بقية الغازات المعروفة . وهذا التفاعل المهم استخدم بعد هذه الحقبة لاكتشاف وجود الاوكسجين وتقديره في الخلائط الغازية .

إلا أن وجود الاوكسجين كان ما يزال مجهولاً ، وظل الهواء الفضائي في نظر الجميع جسماً بسيطاً . وحكاية هذا الاكتشاف هي إحدى أهم المراحل في تاريخ الكيمياء ، ومع اكتشاف تركيب الماء ، يُعتبر هذا الاكتشاف واحداً من الاكتشافات التي أثارت الكثير من المناقشات المفصلة . وقد

جرت مناقشات طويلة لمعرفة من الذي اكتشف الاوكسجين برستلي أم لافوازيه . وهذا الأخير لم ينكر أبداً أن زميله الانكليزي كان له الفضل الأكبر في هذه القضية . ولفهم كيفية حصول الاكتشاف يتوجب في البداية تتبع تسلسل الاحداث .

الاعمال الاولى التي قام بها لافوازيه Lavoisier حول الاكسدة : بدأ لافوازيه حوالى 1771 يهتم بدور الهواء الفضائي في تفاعلات التأكسد : احتراق الماس ، ثم باحتراق الكبريت والفوسفور . وبعد نهاية سنة 1772 ، حصلت عنده القناعة بأن الكبريت والفوسفور يحترقان بامتصاص الهواء . وفي السنة التالية ، أجرى العديد من التجارب حول تكلس المعادن : الزنك ، التوتيا ، الرصاص ، وحول تحول اوكسيداتها . وعاد إلى موضوع مبحوث منذ زمن بعيد فبحثه بشكل منهجي ، مكرراً كل ملاحظات الكيميائيين الذين سبقوه وجدد فيها . وفي مطلع 1774 نشر مجمل المذكرات التي قرأها أمام أكاديمية العلوم ، تحت عنوان : وسائل فيزيائية وكيميائية . كان يعرف أن الهواء الفضائي يعلق على المعادن عند تكلسها ، ولكنه لم يتوصل إلى تحصيل وتحديد ماهية هذا الجزء . وكان حَرِجاً من فكرة أن هذا الهواء المجهول هو الغاز الثابت ، الذي كان بظنه منبثقاً من الاوكسيدات المتفككة بفعل الحرارة ، كما يتصاعد من الكاربونات .

حكاية الاوكسجين ـ هذا الحدث ولَّد المنازعات الاكثر جدية بين المؤرخين (مؤرخي الكيمياء) . لا شك أن الاوكسجين قد نتج عرضاً ، على يد العديد من الكيميائيين الذين جهلوا وجوده قبل أن تتحدد ماهيته بصورة نهائية . ودراسة أعمال شيلي Scheele من قبل المؤرخين السويديين أتاحت لهؤلاء أن يتأكدوا أن مواطنهم قد حضَّر قبل 1773 غازاً عُرف فيما بعد بأنه الاوكسيجين . ولكن نتائج شيلي لم تنشر إلا في سنة 1777 ، ولم تنشر أية معلومات عنها ، من خلال المراسلات قبل هذا التاريخ .

لا منازع في أن برستلي هو الاحق بأن تعزى اليه أولى الطرق المعلنة ، التي أدت الى اكتشاف وتحديد ماهية الاوكسجين . فقد لاحظ في أول آب 1774 ، ان اوكسيد المركور (الزئبق) المسمى « المترسب بذاته » قد تصاعد منه ، عندما يحمَّى ، هواء غير معروف يمتلك خاصية تضريم الاشتعال . وظن أنه أمام بروتوكسيد دازوت ، وكان يعرفه منذ أقل من سنة . وخلال إقامة له في باريس بخلال تشرين الأول 1774 تحادث الى لافوازيه عن أعماله ، وأسر له عن تجاربه حول اوكسيد الزئبق وحول المينيوم (أوكسيد الرصاص) .

ولم يستعد الكيميائي الفرنسي ، في الحال ، تجارب برستلي ؛ وإذا كان قد أجرى في شهر تشرين الثاني تجارب حول اوكسيد الزئبق الاحمر ، فإنه لم يستخلص منه أية نتيجة . لقد كان فكره مشغولاً بتحرير مذكرة مهمة جداً حول تكلس القصدير في إناء مقفل ، وحول سبب تزايد أوزان المعدن ، ليقدم هذه المذكرة في 12 تشرين الثاني سنة 1774الى اكاديمية العلوم . وكرر لافوازيه التجربة التي أجراها بويل حول هذا الموضوع ، وكان أكثر إلماماً وإضطلاعاً من العالم الانكليزي فاستطاع أن يبين أن زيادة الوزن تعود الى تعلق الهواء الموجود في الوعاء المقفل لا إلى تشبث جزيئات النار . وهكذا استطاع

لافوازيه أن يعزل الازوت ، وكان يسميه المادة « الترسبية » ، كما حاول أن يحدد خصائصه الكيميائية .

وابتداءً من شباط 1775 عاد الى تجاربه حول الاكسيد الأحمر الزئبقي . وبذات الوقت كان الكيميائيان ، الانكليزي والفرنسي يجريان نفس الملاحظات . وفي 8 آذار لاحظ برستلي Priestley أن الاوكسجين (وكان يسميه الهواء الناري) يغذي التنفس ، وأرسل بهذه الملاحظة الى الجمعية الملكية . وفي 25 أيار من نفس السنة أجرى لافوازيه بشكل مستقل نفس التجربة ، بعد برستلي .

والواقع أن الموضوع كان مطروحاً على بساط البحث وكان هناك كيميائيون مشغولون بتجارب من نفس النوع . في فرنسا درس الصيدلي العسكري باين ترسبات أوكسيد الزئبق من محاليل املاحه ، ثم فككها بالحرارة دون أن يفترض أنها تعطي غازاً مجهولاً . وفي السويد كان شيلي ، وهو معزول تقريباً عن عالم العلم ، يقوم بنفس الابحاث . وقد حضر الاوكسجين انطلاقاً من أكسيد المنغنيز ، وتوصل الى نفس نتائج لافوازيه وبرستلي في مطلع عام 1775 .

أعمال شيلي Scheele حول الهواء - كان وليم شيلي (1742-1786) صيدلانياً في ستكهولم . ولم يكن بحوزته الا أدوات بسيطة للعمل . واضطر الى تكريس معظم وقته لمهنته . وتضعه الصدف على علاقة مع برغمان Bergman . وعرف في الاوساط العلمية السويدية ابتداء من 1770 ولكن أعماله لم تصل الى البلدان الاخرى إلا ابتداء من 1777 . وقد اكتشف أن الهواء يتألف من غازين أحدهما لا يتآلف اطلاقاً مع « السائل الناري » في حين الآخر كان يجتذب هذا « السائل الناري » . وتعرف على وجود الاوكسجين بجعل الكبريت والفوسفور يمتصانه . وكان تحديد خصائصه صحيحاً ولكن التفسير الذي قدمه لم يكن ليفيد في تقدم النظرية الكيميائية . وسمى الاوكسجين « بهواء النار » ، وجعل منه ، مع السائل الناري مركباً للحرارة وللضوء . والواقع أن كتابه الكبير « بحث كيميائي في الهواء والنار » لم ينشر باللغة الالمانية إلا سنة 1777 وترجم الى الفرنسية سنة 1781 . ولم يساهم في حركة الافكار التي كانت يومئذ تخص الكيميائيين .

إلا أن ما قدمه شيلي لتقدم الكيمياء يبقى ضخماً ، ليس فقط من خلال أعماله حول الاوكسجين ، بل بعدد كبير جداً من الاكتشافات المهمة التي سوف نعود إليها .

تأويل خصائص الاوكسجين - لم يكتمل تاريخ الاوكسجين فعلاً إلا بحوالى 1785 . ولكنه بعد 1775 ، كان الاساسي منه قد حصل . كان برستلي أول من تعرف على دور الهواء « غير الناري » في تنفس النباتات . وتضمنت مذكراته ومذكرات لافوازيه وصفاً شبه كامل للاوكسجين وللآزوت . إلا أن لافوازيه وحده كانت لديه رؤية صحيحة حول طبيعتها . فبالنسبة الى برستلي وغيره من الكيميائيين في تلك الحقبة ظل الهواء الفضائي جسماً بسيطاً . والاوكسجين ، بحكم الحصول عليه عن طريق تسخين اكسيدات الزئبق والرصاص لم يكن إلا هواءً فضائياً قد تركه سائله الناري لينتقل إلى هذه الاكسيدات ومن هنا قيل عنه أنه هواء غير سائلي والازوت (وهو هواء مسيل نارياً) كان القسم من الهواء الفضائي الذي لا يمكنه الانفصال عن السائل الناري . وبقي الناس عند هذه المفاهيم

التقليدية . وكانت هذه المفاهيم تثقل بكل وزنها التفسيرات للظاهرات الكيميائية الأخرى كما كانت تؤثر في شرح طبيغة كل الاجسام المكتشفة من جديد .

وأطلق لافوازيه على الاوكسجين اسم الهواء الحيوي ، وسمى الازوت باسم المادة الترسبية . وفي سنة 1776 اجرى التجربة الشهيرة وبخلالها امتص الاوكسجين من حجم معين من الهواء ، عن طريق الاحماء المستديم للزئبق ، ثم بعدها مرر هذا الاوكسجين بتفكيك الاكسيد المتكون ، ثم أعاد تكوين الهواءِ الفضائي .

وهذه المرحلة التي تتابعت فيها وترافقت أعمال العديد من كبار الكيميائيين بحيث كمل بعضهم بعضاً ، هذه المرحلة توضح تماماً معنى كلمة اكتشاف بالكيمياء . فهذا الاكتشاف قد حصل بخلال عدة مراحل ، إذ لا يكفي عزل جسم ما حتى يقال بأن الفاعل قد اكتشفه . بل يتوجب أيضاً تحديد ماهيته بالتعرف على خصائصه الفيزيائية والكيميائية وبالتالي التعرف على طبيعته الحقة . ونادراً ما كان اكتشاف مهم من فعل عالم واحد . وفي ما خص اكتشاف الاوكسجين من المسموح به الظن بأن برستلي ولافوازيه قد شاركا فيه بحصص متساوية .

3 ـ تحولات النظام الكيميائي

انطوان لوران لافوازيه Antoine Laurent Lavoisier ـ دخل لافوازييه ، بأعماله حول تركيب الهواء الفضائي ، في المرحلة الناشطة من أبحاثه . كان عمره يومئذ ثلاثاً وثلاثين سنة ؛ لانه ولد في 26 آب سنة 1743 .

وبعد دراسته للحقوق دخل الى ادارة « المزرعة العامة » حيث تلقى مساهمة مالية . وفي سنة 1768 ، تزوج من ابنة مدير شركة الهند ، المزارع العام ، وكان اسمها ماري آن بولز Marie-Anne Paulze ، وعمرها ثلاث عشرة سنة ، وتبين أنه اداري كبير ، وساهم بدور كبير جداً في إدارة « المزرعة » . وفي 1775 عينه تورغو Turgotقيماً عاماً على البارود والنترات . وبفضل الاصلاحات التقنية التي أدخلها على هذه الادارة حصلت جيوش الثورة فيما بعد على البارود الجيد . وكان ينتمي الى هذا القسم من البورجوازية الكبيرة التي استقبلت بمحبة وتعاطف التغييرات الأولى التي أدخلتها الثورة . وساهم في الحركة السياسية دون أن يحتل مركزاً مهماً . كان من أنصار الملكية الدستورية ، ولذا ترك بصورة كاملة الشؤون العامة ، عندما بدأ الصراع بين الرأي العام والملكية يتكون . ولكنه شارك الى حين أعتقاله ، في نشاط العديد من الأجهزة الرسمية ذات الصفة التقنية والعلمية . وقد أولت بشكل مختلف جداً ، عملية توقيفه وإعدامه مع القيمين العامين زملائه في 8 أيار 1794 ، إن إعدامه هو عمل ثوري لم يكن ليؤثر فيه كونه كيميائياً ، لا سلباً ولا ايجاباً . ومن اجل القضاء على بعض الاساطير الراسخة يجب التذكير أنه لم يتح له ان يطلب الامهال حتى يتابع أعماله ، وإن الجملة التي شاعت كثيراً « أن الثورة ليست بحاجة الى العلماء » والتي نسبت الى رئيس المحكمة لم تلفظ .

لقد شمل نشاط لافوازيه العلمي مجالات متنوعة ، ولكنها كلها ذات علاقة بالكيمياء . وبعد أن إهتم بالجيولوجيا ، يبدو وكأنه ربما تصور باكراً ، حوالى 1770 ، إخراج الكيمياء من المأزق الذي كانت مجمدة فيه . فقد قرأ كل ما كتب ، وإهتم بشكل خاص في المراحل الأولى من إكتشاف الغازات . وبدت له مساهمة الهواء ببعض التفاعلات الكيماوية المشكلة الاهم التي يجب حلها . ولكنه توقع ، فضلاً عن ذلك ، أن هذه الكيمياء الجديدة ، التي كانت تبنى يومئذ ، كيمياء الغازات ، كانت ذات شأن في احداث الانقلابات الكبرى في نظرية المعارف وتفسيرها .

كتب على احد دفاتره المختبرية برنامج عمل مستوحىً من الهام رائع ومن وضوح في الرؤية عجيب ربما يعود الى 20 شباط 1773[1] .

التجريبي ـ الشيء الذي يميز لافوازيه عن معاصريه ، هو موقفه من الافكار المقبولة ، وبصورة خاصة نظرية « السائل الناري » (فلوجيستيك) ، وحرية فكره أمام مسألة الطبيعة . إذ يبدو ، بهذا الشأن ، أنه التجسيد الأكثر كمالا للباحث الديكارتي ، كما عرفه فيلسوف في القرن 17 ، وبالشكل الذي ربما لم يعرض بعد .

ولكن رفض كل شيء لم يثبت بالتجربة يتطلب أيضاً هذه المسلمة وهي أن تكون التجربة قد جرت في ظروف بحيث تكون نتائجها غير قابلة للنقاش . وكان هذا صفة أخرى من صفاته الرئيسية في تصور وتنفيذ مثل هذه التجارب .

ومنذ بداية عمله العلمي ، بعد 1768 تفحص مسألة تحويل الماء الى ارض . فمنذ زمن بعيد ، كان من المقبول ، (بويل قد أثبت ذلك على ما يبدو) أن الماء اذا حمي في إناء تحول الى تربة ، ولو بقسم يسير . وأجرى لافوازيه التجربة ، وبفضل طريقة دقيقة في الوزن ، بين أن البقية الترابية تتأتى من الإناء وليس من الماء . وبنفس الحقبة قدم شيلي نفس الإثبات إنما بطريقة كيميائية ، وذلك عندما عثر من خلال التحليل في الترسب الترابي ، على مكونات الزجاج . كما أن تجاربه ، (اي لافوازيه) حول تكلس القصدير أتاحت تصحيح نتيجة خاطئة توصل إليها بويل ، وذلك عندما بين أن زيادة وزن المعدن تأتي من الهواء لا من النار .

وأتاح له موقفه غير المنحاز وطريقته ، بسرعة معرفة عدم الحاجة الى الاستعانة بكائن افتراضي لتفسير التفاعلات الكيميائية . في بادىء الامر اكتفى بالسكوت على مبدأ ستاهل . ولكن سرعان ما لوحظ الأمر ، فأزعج الكيميائيين المتحمسين المحنكين . وفهم لافوازيه قوة الافكار المترسخة التي كانت تبقى على السائل الناري . لقد شعر بدون شك أنه لا يكفيه تجاهل هذا السائل بل عليه أن

(1) التاريخ الذي دونه لافوازيه هو « 20 شباط 1772 » . ولكن براهين متنوعة بدت وكأنها تثبت أن هناك خطأ بسنة (راجع هـ . غرلاك H.Guerlac ، في « صحيفة تاريخ الطب » XII, V ، 1957) .

بحاربه . ومع ذلك فقد التزم جانب الحذر الواعي قبل أن يعلن قناعته وقبل أن يحصل على البراهين القاطعة[1] .

تكوين الاسيدات ونظرية الغازات ـ لم يكن اكتشاف مكونات الهواء كافياً يومئذٍ من أجل وضع نظرية أكثر اقناعاً من النظرية السائدة . إن دور الاوكسجين في الاحتراق وفي التنفس كان يُفسر من قبل كل الكيميائيين الاخرين ، عن طريق الاستعانة بالسائل الناري . وبعد سلسلة من الأعمال ، الموضوعة سنداً لمنطق مدهش ، نفذت بين 1775 و1777 ، درس لافوازيه تركيب الاسيدات اي الحوامض . وبَيَنَ أن تحول المعادن الى كلس ، وتحول أشباه المعادن (التي لم يكن اسمها الخاص معروفاً بعد) إلى أسيدات ، هذا التحول يُعزى الى امتزاج الجسم المحروق بالاوكسجين ، وإن الاملاح كانت مكونة باجتماع هذين المستحضرين بفعل الاحتراق . وبخلال الحقبة نفسها ، شرع في وضع نظرية حول الغازات أوضحها في السنوات التالية .

وهذه النظرية تدخل مبدأ الحرارة ، وقد سماها « السُعرية » (كالوري) . وكما هو الحال بالكهرباء والضوء اعتبرت السُعرية بالنسبة الى لافوازيه عنصراً أساسياً في الطبيعة . وعندما وضع مع غيتون دي مورفو Guyton de Morveau جدول المواد الحديث جعل الاسيدات في طليعة العناصر البسيطة . أما الغازات فكانت مركبة برأيه من أجسام مُتحدة بكمية كبيرة من السُعرية . من ذلك ان الاوكسجين مؤلف من مبدأ الاوكسجين المقرون بالسعرية . وهذه النظرية حول الغازات ، كانت موسومة ، من جهات عدة بالتصورات التقليدية ، ولكنها لم تكن تعيق تطور نظرية متماسكة ، وعندما تم التخلي عن الصفة المادية للحرارة ، بصورة نهائية ، زالت نظرية الغازات دون أن تؤثر تأثيراً خطيراً في مجمل النظام الكيميائي .

وانتقدت النظرية الجديدة للاسيدات ، بمقدار ما كان السائل الناري غريباً عنها ، وبمقدار ما دخل الاوكسجين فيها كعنصر بسيط . والشكوك حول حقيقة السائل الناري التي عبر عنها لافوازيه Lavoisier علناً بعد 1777 ، بدت (اي هذه الشكوك) عارية من الاساس ، لدرجة أنها بدت غير خطيرة .

---

(1) قبل هذه الحقبة بكثير نشر الروسي م . آ . لومونوسوف M. A. Lomonossov (1711 - 1765) ، أعمالاً تتضمن استباقات رائعة ، فقد وجدت عنده فكرة التشكل الذري للأجسام ، وكذلك فكرة الطاقة الحركية المسببة بالفعل الإضطراب الخلوي . وقد عرف لومونوسوف Lomonossov زيادة أوزان المعادن المتحولة إلى كلس ، فرفض ، بعد 1756 ، نظرية السائل الناري . ولكن للأسف لم تعرف كتاباته التي وضعت باللغة الروسية من قبل الكيميائين الغربيين في البلدان الأخرى . إذ لم يرد لها ذكر على الإطلاق في الآداب الإنكليزية والفرنسية والألمانية في ذلك الزمن . ولا نشك أن نشر أفكاره يومئذٍ كان ساعد على التسريع في حصول النظام الكيميائي الحديث .

وفيما بعد نشر عيتون Guyton رسالة من ماكر Macquer ، وكان أحد المعلمين الاكثر احتراماً في ذلك الزمن، عبر فيها، بعد أن سمع سنة 1778 بمذكرة صادرة عن لافوازيه ـ عن ارتياحه : كتب يقول «اين كان يمكن أن نكون مع كيميائنا القديمة ، إذا كان من الواجب اعادة بناء مختلف تماماً ؟ بالنسبة الى أني أعترف بأني كنت تخليت عن المشروع كله » .

تعبر هذه الجملة بشكل كامل عن موقف الكيميائيين في القرن الثامن عشر ، وتعرف بطبيعة المناقشات التي قامت بعد ذلك بقليل . فالرجال المتقدمون في السن رفضوا باصرار الافكار الجديدة ؛ إن الكيميائيين الشُبان هم الذين نجحوا نظريات لافوازيه .

طبيعة الماء ـ قامت إنطلاقاً من 1783 معركة حامية حول طبيعة وحول تركيب الماء . وهذا الموضوع طرح على بساط البحث ، كما طرح قبل ذلك بـ 10 سنين موضوع تركيب الهواء . هناك العديد من الملاحظات ، تعزى بشكل خاص الى ماكر ، بينت ان احتراق الهيدروجين يولد تشكل حُبيبات الماء . وقد جرت محاولات متقطعة ، ثم تركت . وقد تضايق لافوازيه ، في بادىء الأمر ، عند محاولته حل هذه المسألة ، من فكرة ، تتطابق مع نظريته ، ومفادها ان الهيدروجين عندما يحترق ينتج مركباً اسيدياً ، وهذا عائق يشبه العائق الذي حجب عنه لفترة من الزمن وجود الاوكسجين .

وكان الفيزيائي الانكليزي هنري كافنديش Henry Cavendish أول من لاحظ ، مستعيناً على دمج الهيدروجين بالاوكسجين ، بواسطة الشرارة الكهربائية ، إنهما اي الاوكسجين والهيدروجين يتحدان بنسب أحجام معينة ، ليولدا الماء . ووصل خبر هذه التجربة الى باريس في شهر حزيران 1783 . واعاد تكرارها لافوازيه ولابلاس في الحال وأكدا بذات النهار : « أن الماء ليس مادة بسيطة ، بل هو مُرَكَب ، وزناً بوزن ، من هواء قابل للاحتراق ومن هواء حيوي » . وكانت المشادة حول هذا الموضوع حادة جداً. مقابل الهجمات القوية التي قام بها لافوازيه ضد السائل الناري ، كانت الاجوبة لا تقل حدة . وبالفعل لو لم يكن الاوكسجين الا هواء عارياً من السائل الناري ، فإنه يتلقى هذا السائل من الهيدروجين عند الاحتراق ، مما يولد الماء .

وهذا الأخير قد يبقى عنصراً بسيطاً . وبقي كافنديش عند هذا التفسير الذي يضم جوهر كل الاشياء ، وهكذا كان لافوازيه ، كما هو الحال بالنسبة الى تركيب الهواء ، الوحيد الذي عرف الطبيعة الحقة للظاهرة . إن المقارنة مع واقعة الهواء استكملت عندما علم في شهر آب التالي ، أن غسبار مونج Gaspard Monge قد حقق تركيب الماء ، في شهر حزيران ، بدون أن يعرف بأعمال كافنديش ولابلاس ولافوازيه .

وفي سنة 1783 كانت أيضاً السنة التي اكتشف فيها الاخوان مونغولفيه Montgolfier القوة الصاعدة في المناطيد المسماة اروستات . وصعد الفيزيائي شارل ، مرفوعاً ببالون منفوخ بالهيدروجين، وعينت الجمعية الملكية للعلوم لجنة مكلفة بدراسة تحسين الآلات الجديدة . وعمل مونيه مع لافوازيه في البحث من أجل أفضل وسيلة لتحضير الهيدروجين . ولهذا درس الكيميائيان

تفكيك الماء بالحديد المحمى لدرجة الاحمرار ، وحضرا أجمل تجربة في تاريخ العلوم . ونفذت هذه التجربة في 27 و 28شباط وفي أول آذار 1785في مختبر لافوازيه في الارسنال Arsenal ؛ بحضور جمهور كبير من العلماء . وبعد أن فكك الماء بالحديد الاحمر وحصل على الهيدروجين المتصاعد نفذ لافوازيه ومونيه حالاً تركيبه في بالون مزود بصنبورين حيث كان الهيدروجين يشتعل بواسطة شرارة كهربائية . أما قياسات الاحجام والاوزان فقد جرت بدقة بحيث ينتفي كل شك حول طبيعة الماء وتركيبه .

إلا أن الرأي العلمي قاوم لعدة سنوات . وحتى مطلع 1787 بقي لافوازيه وحيداً تقريباً في اقتناعه بقيمة نظريته . وكان أول المنضمين إليه ، ليس الكيميائيون ، بل الرياضيون . فقد كان هؤلاء لا يأبهون بنظرية السائل الناري . بل كانوا مأخوذين بمظهر آخر من مظاهر الكيمياء في ذلك العصر وهو الألفة أو التعاطف . فقد كان لابلاس وكوزان ومونج ومونيه على أفكار لافوازيه ، ولكن لم يكن لهم أن يدافعوا عنها . أما الكيميائيون الأوائل المنضمون فهم شبتال وفوركروا ثم برتولي وغيتون .

الجدول الكيميائي الحديث (نومونكلاتور) ـ كان غيتون دي مورفو Guyton de Mor-veau محامياً في برلمان ديجون Dijon ، وكان قد نشر عدة أعمال شخصية لم تترك أثراً في تاريخ الكيمياء . وكان فضله الكبير أنه كان أول من خطرت له فكرة إجراء اصلاح جذري على الجدول الكيميائي ، ونشر مذكرة حول هذا الموضوع أعلن فيها المبادىء الاساسية التي يجب أن يرتكز عليها الجدول المنهجي . ثم ذهب يعمل خلال فترة ، مع لافوازيه حتى يتأكد من صحة نظريته ولكي يستكمل مشروعه . وفي هذا الوقت اعتمد النظام الجديد الذي بدأت تسميته تعرف بالكيمياء الهوائية ، لأنها كانت مؤسسة على الخصائص الكيميائية للغازات . ووضع الجدول الكيميائي في مطلع 1787 من قبل لافوازيه وغيتون وقد ساهم معهما برتولي Berthollet وفوركروا Fourcroy وكذلك الرياضيون الذين كانوا يزورون بصورة إعتيادية مختبر الارسينال Arsenal .

وعمل تقديمه الى الاكاديمية في شهري نيسان وأيار ، ثم نشره في شهر آب 1787 تحت عنوان تجربة في الجدول الكيميائي ، على إنجاح الكيمياء الحديثة . فهو اي الجدول أعطى للكيمياء لغة بقيت في جوهرها ، اللغة التي ما نزال نستعملها والتي كانت خير وسيلة لانتشارها .

أعمال لافوازيه Lavoisier الاخيرة ـ لقد توقفت أعمال لافوازيه بعد بضعة سنوات من وضع النظام الكيميائي الحديث . وكان عمله بأكمله مخصصاً لهذه الغاية . وبالطبع بعد أن رسمت هذه النظرية الواسعة أولى معالمها ، عمل لافوازيه على تمتينها واستكمالها وإنجاحها . ولكنها لم تكن بالنسبة إليه إلا جهداً مستمراً في الاكتشاف . وكانت تطلعاته تذهب الى أبعد من نظام في كيمياء الاجسام الجامدة ، نحو رؤية كاملة لكل تكوين الكائنات الحية .

فقد أخذ التنفس عند الحيوانات مكانه في بحوثه المتعلقة بخصائص الاوكسجين . وبخلال الأعمال حول قياس السُعرات الحرارية (كالورمتريا) التي قام بها ، بعد 1782 مع لابلاس ، قاس الحرارة التي يحدثها التنفس . وبعد نشر كتابه ،« كتاب الكيمياء الابتدائي 1789 » التفت لافوازيه ،

وكأنه تخلص من نظام كامل في البحوث التي كانت تشغله منذ سنوات ، التفت بصورة نهائية نحو الكيمياء الوظيفية الاحيائية . فوضع مع كيميائي شاب ، سيغين Seguin ، برنامج بحث كانت ضخامته تساوي ضخامة برنامج 1773 . وانصرف العالمان في الحال الى العمل وأوصلا نتائج أعمالهما الأولى الى الاكاديمية ابتداءً من 1790 . وكانت هذه الاعمال تتناول التنفس ثم العرق . وقد خلدت رسوم مدام لافوازيه المصنوعة في مختبر الارسينال هذه الجلسات . وفي سنة 1792 ترك لافوازيه سيغين يكمل وحده البحوث . ولو أنه استطاع إكمال عمله ، لكان قد اهتم بالهضم ولكان أعطى منذ ذلك الحين دفعة قوية للكيمياء البيولوجية والفيزيولوجية .

4 ـ مقاومة نظرية لافوازيه Lavoisier

يُعتبر زوال نظرية السائل الناري احد الاحداث الأكثر أهمية في تاريخ الكيمياء بحيث أنه قطعه الى قسمين . لقد تخلص هذا العلم من فكرة مباديء يعود أصلها الى بدايات علم الكيمياء . وكان هذا المفهوم قد ترسخ بخلال الحقبة الوسيطية . وقد أصاب الميكانيك أيضاً مثل هذا التحول في القرن السادس عشر وكذلك الفيزياء في القرن السابع عشر . وتبعتها الكيمياء متأخرة لان المسألة التجريبية كانت بالنسبة إليها أكثر صعوبة . وكان داعية هذا الاصلاح ليس بمنأى عن الوقوع تحت سيطرة المعتقدات البالية . وإستخدامه لمبدأ السُعيرة يدل بما فيه الكفاية كم هو صعب على الفكر حتى الأكثر استقلالاً ، أن يتخلص من الافكار السائدة .

وقد أظهر معاصرو لافوازيه تعلقاً عنيداً بالسائل الناري ، الذي هو تجسيد أكمل لكيمياء المبادىء ، تجسيداً يُعطي للعقيدة الكيميائية مظهراً مكتملاً وشديد الارضاء .

كان الرأي العام حوالى 1770 يرى أن الكيمياء قد وصلت الى درجة من الكمال لا يمكن معها الامل بإضافة اي شيء آخر . ولهذا لم يكن الرفض في الموافقة على أفكار لافوازيه فعل جيل محدود الأفق بل كان بالعكس إشارة الى حيوية بالغة في الكيمياء ، حيوية يخدمها العديد من العلماء ذوي القيمة . لقد تركت نظرية ستاهل في الظل مسألة دقيقة هي طبيعة السائل الناري : وهذا الغموض لم يكن ليضيق على مفكري القرن السابع عشر . وبعد ثلاثة أرباع القرن لم يكن من الممكن الظهور بمظهر القليل التشدد حول هذا الموضوع . ولهذا بذلت الجهود الكبرى من اجل إنقاذ السائل الناري كمبدأ . وكانت الصعوبة الرئيسية ناتجة عن هذه الزيادة الشهيرة في الوزن ، والمحققة في المعادن عند تكلسها .

السائل الناري والجاذبية الارضية ـ كان موضوع الجاذبية الأرضية بالنسبة الى السائل الناري محط افتراضات كثيرة التنوع وذلك من اجل تكيفه ليتلاءم مع مقتضيات التجربة . وقلما اختلفت هذه التأويلات عن التأويلات التي قدمها الكيميائيون من القرن الماضي . إن مادة النار قد زالت ليحل محلها السائل الناري . وفي سنة 1763 ميز شاردينون Chardenon الثقل النوعي ، والثقل المطلق وافترض أن السائل الناري ينزع الى التخفيف من الوزن المطلق في كل الاجسام التي ينضم إليها .

واعتمد العديد من المؤلفين هذه النظرية وإن بأشكال مختلفة تقريباً . وظل فينيل Venel يـدعي طيلة أكثر من 20 سنة أن السـائل النـاري له وزن سلبي ؛ وإن هـذا الوزن في ذهنه هو أخف من الخفـة القصوى . إن السائل الناري يتصرف تجاه قانون الجاذبية بشكل معاكس لقانون بقية الاجسام . وتبع فينيل Venel العديدُ من الكيميائين ومنهم بلاك Black و ليسلي Leslie . وفي سنة 1772 عزا غيتون دي مورفو Guyton de Morveau الى السـائل النـاري خفة خـاصة تجعله أخف من كـل الاجسام الأخرى . وعلى هذا فالمعادن التي تخسر سائلها الناري تصبح أثقل حسب رأيه ، أكثر وزناً ، دون أن يلتفت الى مفهوم الثقل النوعي . وفي سنة 1776 جرب مورفو المذكور مرة اخرى التوفيق بين اكتشاف الهواء الثابت ، وبين نظرية ستاهل ، وذلك بادخال اللبس ، الذي اصطدم به من قبل لافوازيه ، بين الغاز الكربوني والاوكسجين . وقد جرب برتولي أيضاً ، وبذات السنة محاولة توفيق . وقد اعتمد كل الكيميائين الكبار في ذلك الحين مثل هذا الموقف ومنهم ماكر وبرغمان وشيلي وبرستـلي الذين أعـادوا ادخال السائل الناري في التفاعلات المبحوث بها ، بعد كل هجوم من قبل لافوازيه .

حملة لافوازيه Lavoisier ضد السائل الناري ـ بدأ لافوازيه يشكك علناً بوجـود السائـل الناري ابتداء من سنة 1777 فقط . وقد فعل ذلك بحذر في باديء الأمر ، دون أن يومي على الاطلاق بأنه يقدم ، كما فعل معارضوه، أفكاراً افتراضية ، ووقف وحيـداً ضد مخـاصمين مصممـين على عـدم التهاون بالنيـل من مراكـزهم ، فأظهـر براعـة كبيرة في طـريقة عـرض براهينـه ثم في اصدار الحكم النهائي ، في الوقت الذي شعر فيه بضمان عدم غلبته في مجاله الخاص . وفي حزيران 1785 قرأ امام الاكاديمية إحدى أشهر مذكراته وعنوانها (أفكار حول السائل الناري) .

وبعد أن استحصل على موافقـات أولى من بعض الكيميائيـين الفرنسيـين ، استطاع لافـوازيه إبـراز النصـوص التي سوف تسـاعد عـلى نشر أفكاره . من هـذه النصوص كـان في باديء الامـر الجـدول الكيميائي الذي سبقت الاشارة إليه ، ثم في سنة 1788 كتاب آخر جماعي هو الترجمة التي قامت بها مدام لافوازيه ، لكتاب وضعه ريشار كيروان Richard Kirwan بعنوان « محاولة حول السائل الناري » ؛ وكان كل فصل في هذا الكتاب متبوعاً بدحض خطي ، بقلم لافوازيه أو احد اصدقائه . وكان لهذا الجواب أحسن المفاعيل . وأصبح السائل الناري ، الذي كان في الماضي مادة النار ومادة الضوء والذي أريـد له أن يكـون الانقى حتى في الدخـان الاسـود ، هـذا السـائـل أصبح تحت ريشـة كيـروان ، الهيدروجين بالذات . ولكن بعد قراءة الردود المعارضـة لمزاعمـه ، انضم ريشار كيروان إلى النظريـة الهوائية ؛ وقد جر معه قناعة معاصريه الذين إعتمدوا بسرعة كل المبادىء الجديدة ، ما عدا برستلي . أما كافنديش، فقد قبل من جهته بأن الظاهرات الجديدة تفسر على حدٍ سواء بهذه النظرية أو تلك .

ونشر لافوازيه في كانون الثاني 1789 كتابه بعنوان « الكتاب التمهيدي في الكيمياء » وعرف هذا الكتاب النجاح بسرعة . وأعيدت طباعته في الحال وترجم الى عدة لغات . وأتاح الكتاب الذي كان يختلف تماماً عن كل ما سبق وكتب منذ قـرنين للكيميائيين الشبان أن يتعلموا بصورة مباشرة الكيمياء الجديدة .

المقاومة في فرنسا وفي المانيا ـ في هذه الاثناء لم تضعف مقاومة الكيميائيين الاكبر سناً . في فرنسا مات ماكر Macquer دون أن يرى نجاح هذه النظرية التي كان يخشاها كثيراً ، والتي كان قد أنضم إليها بدون شك لو بقي حياً . أما رجال جيله من أمثال بومي Baumé وساج Sage فظلوا غير جازمين . أما محرر مجلة « ملاحظات حول الفيزياء » وهي الصحيفة الوحيدة الشهرية التي تعالج العلوم بشكل عام ، وهو لاميتري ، فقد كان من أنصار السائل الناري المتعصبين . ولهذا أسس لافوازيه وأصدقاؤه في سنة 1789 مجلة «حوليات الكيمياء » ، لكي يكون لديهم مجلة تساير أفكارهم .

أما الهجوم الأكثر حدة فقد كتبه لامارك Lamarck الذي نشر سنة 1796 كتاباً بعنوان « دحض النظرية الهوائية » . وأقترح بدلاً من هذه نظرية « نارية » ، وصرح بأن الاوكسجين هو كائن عقلي ، ثم تتبع صفحة صفحة كتاب الفلسفة الكيميائية لفوركروا Fourcroy ، فوضع اعتراضاته مقابل كل مقطع .

في هذه الحقبة كانت مقاومة نظرية لافوازيه حادة في المانيا . وقدمت اقتراحات عدة في فرنسا وفي انكلترا لانقاذ السائل الناري من الضياع . واستعيدت هذه الاقتراحات في ألمانيا . لقد كان السائل الناري يعتبر فيها كمبدأ للحرارة وللنور وللكهرباء أما منفرداً أو مضموماً إلى غيره . وابتدعت موجودات جديدة ذات رابط قريب بالمبدأ المعدوم ، ودافع عنها أنصارها بحدة . واستعيدت فكرة كيروان من قبل ويغلب . وتخيل ويسترومب وريختر وغرين Westrumb, Richter, Gren وآخرون كثر العديد من التسويات أو أكدوا على بطلان المبادىء الجديدة تأكيداً مطلقاً .

وعندما ترجم س . ف . هرمبستاد S.F. Hermbstadt إلى الألمانية كتاب لافوازيه ، ربح النظام الجديد وبسرعة أرضاً جديدة . وكما هو الحال في فرنسا ، استمر الكيميائيون المسنون أمثال ويغلب Wegleb وكريل Crell وجملين Gmelin في التمسّك بخطئهم .

في هذه الاثناء عرفت عقلية الكيمياء القديمة بعض الردات أن السائل الناري لم يكد يحتضر فلم يجد مدافعاً عنه غير برستلي ولامارك ، عندما تصور كيميائي من بست ، هو ونتر Winterl مادة جديدة شاملة سماها اندرونيا . وتولى اورستيد Oersted اشاعة هذه الفكرة سنة 1803 في كتاب حرره بالفرنسية ، ولقي بعض الأنصار ثم زال سريعاً بعد تحريره .

وفي سنة 1803 ايضاً ، وعند اكتشاف الهالوجينات (مولد الملح) أعلن الكيميائي الهولندي فان مونس Van Mons عن نظرية جديدة فيها يحتل الهيدروجين من جديد مكانة مبدأ للاحتراق . وظلت أفكار فان مونس لعدة سنوات مستحوذة على انتباه الكيميائيين الفرنسيين . وقد حاول دافي من جهته أن يعطي للازوت دوراً مماثلاً . وكانت هذه الحقبة ، حقبة الغموض ، بسبب كثرة الأحداث الجديدة المتراكمة خلال القليل من الوقت ، ذات مدة قصيرة . وقد تم التخلي عن المبدأ القائل بأن كل الحوامض او الاسيدات هي من مركبات الاوكسجين . ولكن هذا الاصلاح لم يغير شيئاً في النظام الذي ارتكزت عليه الكيمياء في نهضتها .

II ـ البحوث حول المؤالفات ، وجذور النظرية الذرية

1 ـ جداول المؤالفات

إن فكرة المؤالفة ، قبل أن تصبح موضوع دراسات خاصة بزمن بعيد ، كانت مقبولة ضمناً لدى الكيميائيين . وقد عثر غيتون دي مور ‌و Guyton de Morveau على الكلمة في كتاب لطبيب ألماني هو كونراد بـرشوس Conrad Barchusen عنوانه : « بيـروسوفيـاسيف المنتا شيميـا » (ليد 1698) . والحقيقة أن الفكرة أقدم من ذلك بكثير والكلمة أيضاً.رغم عدم وجود اية دراسة خـاصة مكـرسة لها قبل بداية القرن الثامن عشر ، فهي واردة في كل كتب الكيمياء بشكل أو بآخر . فاتحاد الاجسام فيما بينها ، والتفكك والتبادل والترسبات والتصاعديات أو التبخرات كلها تنتج من بعض المؤالفات البارزة الى حد ما العنيفة الى حد ما ، والتي تحصل بين مختلف مكونات المادة .

ولم يسبق أن نوقشت طبيعة هذه المؤالفات . وقبل الحقبة الديكارتية كان الـرأي العام يعتبـرها كاستعدادات أو استلطافات تجعل من جسميـن متقاربين عرضة للاتحاد ليكونا فيما بينهما رابطاً متيناً. واستبعاد أحد المكونات من المركب لصالح جسم آخر ، يحدث إذا كان هذا الجسم الثالث يتمتع بمحبة أو صداقة بالنسبة الى المكون الثاني ، الاقوى من الصداقة او المحبة التي تسببت بالتفاعل الأول .

وكانت هذه المعاني مستعملة في لغة الكيميائيين ، لا للتفسـير بقدر مـا هي لوصف الـظاهرات بواسطة الصور المألوفة .

والواقع إن هذه الصور تعبر تماماً عن نوع من التأويل للاحداث . وفرق الدرجة أو القوة بـين المؤالفات ، بين هذه الاجسام أو تلك يسمح بتفسير مناعة بعض المعـادن ضد الاسيـدات ، وضعف بعضها الآخر الذي يذوب بتأثير الاسيدات المذكورة بسهولة .

وبعد 1648 قدم غلوبـير Glaubert ترتيبـاً لتحاب مختلف المعـادن بالنسبـة الى الزئبق . والأمـر يتعلق بسهولة تكوين خلائط ، تنازلاً ، من الذهب الى الحديد مروراً بالفضة والنحاس .

وقد أبطل الديكارتيون هذه الاستعدادات التعاطفية ، وحاولوا أن لا ينظروا إلا الى الشكل والى بنية المادة ، ولكنهم إن توصلوا الى تفسير كيفية حدوث ولوج جسم بآخر ، فإنهم لم يستطيعوا أن يعثروا على اي سبب لهذا الفعل . ولهذا لم يمكن التخلي عن فكرة المؤالفة المسؤولة عن التفاعلات الكيميائية ، بصورة كاملة . والبعض تناساها بشكل صريح ، ولكن الفكرة ظلت كامنة ضمناً في كل تفسير للفعل الكيميائي .

المؤالفة والفيزياء النيوتنية ـ لقد تولت الفيزياء النيوتنيـة اعطاءهـا كيانـاً ، وبسهولـة أكبر ، خاصة وأن التصورات حول بنية المادة قد تطورت بخلال القرن السابع عشر . إن وجـود الجسيمات المتناهية قد أصبح مقبولاً بوجه عام من قبل الكيميائيين ؛ أو على الاقل أن هذا الوجود لم يظهر أنه أثار النقاش .

وكرس نيوتن لمسألة الجاذبية بين جزيئات العالم الميكروسكوبي « الكيري 31 » من كتابه « اوبتيكس » . وقال بأن هذه الجزيئات تخضع لمفعول الجاذبية ، ولكي يفسر لماذا بعض التفاعلات الكيميائية أعنف من غيرها ، فقد افترض ايضاً أن قوة الجاذبية يختلف زخمها بحسب الاجسام التي تتلقى هذا الزخم . والجزيئات الاسيدية تجتذب بعنف بالجزيئات المعدنية ؛ فضلاً عن ذلك إن نقل مكان المعادن بعضها لبعض ، في محلول ملحي يدل على أن الجزيئات الاسيدية تجتذب من الحديد بصورة اقوى من النحاس ، ومن النحاس أكثر من الفضة ، وذوبان الملح في الماء فهو بفعل قوة الدفع التي تقع بين جزيئات الملح وجزيئات الماء . والتبلر والترشيح هما أيضاً في نظر نيوتن من فعل الجاذبية .

وتفرض أفكار نيوتن على الكيميائيين مفهوماً جسيمياً للمادة ، وهذا التصور مقبول عند الفلاسفة وعند الفيزيائيين . ولم تتح الفرصة ، أمام الكيميائيين حتى ذلك الحين كي يحكموا عليه ، لانه لم يكن يتدخل في كيمياء المبادىء . واقترح نيوتن عليهم تحليلاً غير قابل للدحض : إن حتّ الاجسام لا يمكن أن يتم إلا بالتكسر الى جزيئات لا يمكن تكسيرها الى اصغر . وهذه الجزيئات صلبة ولا يمكن تكسيرها . وبهذا لم يعرف احد ماءً « مستعملاً » (مستنفداً) مؤلفاً من جزيئات عتيقة ، يختلف عن الماء العادي : « وبالتالي ، وحتى تكون الطبيعة باقية ، فتلف الكائنات الجسمانية ، يجب أن لا يقوم على غير الانفصالات المختلفة ، وعلى التجمعات الجديدة وعلى حركات هذه الجزيئات الدائمة » .

ولكن الجاذبية الكونية لقيت استقبالاً سيئاً من قبل الديكارتيين الذين رأوا فيها تجديداً لخاصيات التحابب المرفوضة من جانبهم . كما أن الاعمال الأولى المتعلقة بالتآلف قد انتقدت جداً وخاصة في فرنسا .

جدول المؤالفات عند جيوفروا Geoffroy ـ إن الكيميائي الأول الذي تكلم عن المؤالفة بعبارة علاقة دائمة تقوم بين الاجسام ، والذي وضع جدولاً بهذه العلاقات كان « جيوفروا البكر » ، الذي بفضل علاقاته الوطيدة مع سيرهانس سلوان Sir Hans Sloane ، كان على اطلاع تام بأعمال نيوتن . وقد طبع جدول جيوفروا ، المقدم الى كلية العلوم في 2 آب 1718 ، في سنة 1719 . في هذه المطالعة الأولى ، تكلم جيوفروا فقط عن العلاقات ؛ إن كلمة مؤالفة لم ترد تحت قلمه إلا سنة 1720 .

ويقوم مبدأ هذا الجدول على تصنيف كل الاجسام البسيطة المعروفة ، وكذلك القواعد (Les Bases) والاسيدات ، ضمن صفوف عامودية ، وكانت هذه الاجسام مرتبة في كل صف ضمن الترتيب الذي تنتقل فيه بالتتالي من محاليلها . ان الاشارات المستعملة هي الرموز التقليدية الموروثة من الكيميائيين ؛ وبعد سقوطها بعدم الاستعمال ، استعادت شبابها من جديد . ويلخص العامود الأول انتقال «القواعد» من املاحها ، احداها من الاخرى . وفي أعلى هذا العامود توجد إشارة الاسيدات عموماً ، وفي الأسفل ، وعلى التوالي ، توجد إشارة القلوي الثابت (الصودا أو البوتاس) ، القلوي المتبخر (الأمونياك) ، التراب الممتصّ (الكلس ـ المغنيسيا) وأخيراً رمز المواد المعدنية عموماً . وهذا

العامود يعني أن المواد المعدنية تترسب من محاليلها الملحية بواسطة الكلس ، وهذا يترسب بالأمونياك الذي يحرك بالصودا والبوتاس . ومن هذا المثل الأول ، يظهر نقص جدول جيوفروا . والكلس ، أمنع من أن يترسب بالأمونياك ، يحرك هذا الأخير . أما الأعمدة الأخرى فتخصص تباعاً لكل من هذه الاسيدات الثلاثة المعروفة ، ثم لكل من القواعد الثلاثة ، وأخيراً للمعادن .

ونقائص جدول جيوفروا لم تَخْفَ على الكيميائيين من ذلك الزمن ، فانتقدوه في الحال . إلا أن هذا الجدول يمتاز بأنه يعطي رؤية تركيبية لمجمل التفاعلات الكيميائية ، رغم وجود بعض الاغلاط والثغرات . كما أنه كان لجيوفروا العديد من المكملين .

وكان من الواجب الانتظار حتى تقبل فكرة المؤالفة تماماً . وساعد تقدم الفيزياء النيوتنية على ذلك كثيراً . ولكن تقدم كيمياء ستاهل Stahl لم يكن غريباً عنها .

هذان النظامان من التفكير اللذان كان يتجاذبان العالم العلمي لم يكونا متناقضين ، وإن بدا الثاني وكأنه لا يعرف الأول . فضلاً عن ذلك لقد كانت نظريات ستاهل تعطي نصيباً لفكرة المؤالفة(1) .

كتاب المنستروس لـ بورهارف Boerhaave ـ في النصف الأول من القرن الثامن عشر كان هرمان بورهاف Hermann Boerhaave هو المؤلف الذي زكى أكثر من غيره مفهوم المؤالفة . وفي كتابه « منستروس » وهو القسم الثاني من كتابه « عناصر الكيمياء » الذي ظهر سنة 1732 ، عالج الطبيب الشهير ، الليدي Leyde (نسبة الى ليد) هذه المسألة « كتب يقول وهو يشرح المنستروس اي المذيبات : يجب أن لا نلجأ هنا إلى الأعمال الميكانيكية أو إلى الدفوعات العنيفة ، أو الى المح الطبيعي ، بل لنوع من الصداقة ، إذا أمكن إطلاق هذا الاسم على نزعة الى الاتحاد » .

واستعمل كلمة مؤالفة ووصفها بأنها قوة أو قدرة جذبية . فالفوران والصفير والضجيج الذي نراه في بعض التفاعلات تتأتى كلها من أن كل أجزاء المذيب يجب أن تنضم الى كل أقسام الجسم المذاب. وكان أسلوبه في التعبير مأخوذاً عن نيوتن الذي أثر فيه بدون شك . وكان يعتقد أن الجزيئات المذابة تبقى بحالة ذوبان متناسق ضمن مذيباتها (منسترو) ، رغم الفرق في الوزن ، لان قوة ميكانيكية كونية شاملة تضغط عليها : « يقول : هذه الخاصية تجعل عناصر جسم ما مجذوبة بعناصر جسم آخر ، وبالتالي مفصولة عن الكتلة التي كانت تؤلفها . وبعد هذا الفصل تجتمع معاً وتشكل أنواعاً من الأجسام جديدة ولا متناهية» . وهكذا تظهر على التفكيكات المزدوجة نواة فكرة سوف يعبر عنها بوضوح ، وفيما بعد برتولي Berthollet .

---

(1) يعبر غيتون دي مورفو Guyton de Morveau ، بهذا الشأن ، بما يلي : « خطا ستاهل خطوة أولى مهمة جداً عندما نظر في الخلائط، بموادها المختلفة تخضع لمختلف المذيبات ، وهذه « الثغرات » التي منها يمكن لهذا الجسم أو ذاك أن يهاجم ، (وأنا أستعمل تعبيره الذي استعرناه منه دون أن نجرؤ على ترجمته) .

تقدم فكرة المؤالفة ـ في الحقبة التي كتب فيها الطبيب الهولندي ، ظهرت جداول أخرى في المؤالفات . وكان المؤلفون الالمان بصورة خاصة هم الذين أولعوا بهذه الأعمال . وقد قدم غيتون Guyton عنهم تقريراً دقيقاً جداً في مقالته بعنوان « مؤالفة » ضمنها المجلد الأول « في الكيمياء » (1786) ، من الموسوعة المنهجية . وازداد استكمال هذه الجداول ، وقد بلغ عددها الـ 20 تقريباً . ولم يكن بينها فرق كبير . أما الاجسام فكانت مرتبة فيها بشكل أكثر مهارة . وكان السائل الناري يحتل مركزه فيها . ولكنها كلها كانت معيوبة بعيب رئيسي أخِذَ على جيوفروا : فقد كانت ترتكز على مبدأ بأن التفاعلات تتم دائماً باتجاه واحد مهما كانت الشروط التي تحصل فيها . وتوج برغمان هذه الفكرة ببحوث طويلة سوف نعود إليها . وقد عمل برتولي على إبطال هذه الفكرة .

وتتابعت المناقشات حول وجود المؤالفات بالذات حتى سنة 1780 . وكانت معارضة هذه الفكرة ممثلة أفضل تمثيل بمقالة « الكيمياء » الواردة في الانسيكلوبيديا . ولم يعترف مؤلف المقالة فينيل Venel في الكيمياء الا على مبدئين كبيرين : العلاقات والحرارة . وكان يقصد بكلمة علاقات الأعمال التفاعلات المتتالية التي تتم بين الجسيمات الأولية في المادة . ولكنه امتنع عن الاعتقاد أنها من مفاعيل الصدمات أو الضغط أو الجذب .

ويؤكد أن التفاعل بين الجسيمات يتعلق بالصفات الخاصة في الجسيمات مثل صفة التساوق والتفارق . ولا يجب تشبيهها بالجاذبيات بين الاجرام التي يؤثر بعضها في بعض تبعاً لسرعتها ولوزنها ولتماسكها ولصورها المختلفة . وفينيل حين وضع هذا التفريق بين الجسيم والجرم أراد أن يرسم الحد بين الكيمياء والميكانيك النيوتني . إلا أنه لم يتردد في استعمال كلمة تآلف . حيث يقول : « يكون الكيميائيون سعداء إن استطاعوا إقناع أنفسهم بأن عملية الفوران والتخمير تقوم على التفاعل المتبادل بين بعض الجسيمات الجامدة والمطاطة والتي تنزع بقوة بعضها نحو بعض ، والتي تتدفّق نسبياً مع كمية الحركة ومع مطاطيتها والتي تتصادم من جديد للتدفّق أيضاً الـخ . ولكن هذا التفسير البارع بمقدار ما هو تحكمي ، تكذبه الاحداث التي تري بوضوح أن حركة التفور وحركة التخمر سببهما تصاعد جسم لطيف وقابل للانتشار ، تصاعد تحدثه القوانين العامة للمؤالفة أي يحدثه مبدأ قليل الميكانيكية » .

الرياضيون وبوفون Buffon ـ قبل الرياضيون بدون ممانعة فكرة المؤالفة التي يعتبرونها أكثر أهمية ، من أجل تطور الكيمياء مستقبلياً ، من نظرية السائل الناري ، وهذا الاتجاه بدا واضحاً في مقالات الانسيكلوبيديا التي حررها دالمبير d'Alembert .

وحوالى 1745 أصدر كليرو Clairaut الفكرة القائلة بأن قانون مربع المسافات لا يطبق على تجاذب الجسيمات ؛ وهناك قوانين خاصة لا بد من اكتشافها بالنسبة الى الظاهرات من هذا النوع . ونظريته حوربت من قبل بوفون الذي قدم عرضاً إجمالياً في كتابه «نظرة ثانية الى الطبيعة » (1765) . وصرح بأن ذات القانون يطبق على كل الظاهرات الجذبية ، سواء ما تعلق منها بالتجاذب الكوني أو بالتفاعلات بين الجسيمات التي تشكل المادة ، بل إن القانون العام يمكن أن يستخدم لحساب الشكل ،

الذي لم يكن بعد قد تكون ، شكل هذه الجسيمات .

وأعطت كتابات بوفون المقروءة جداً تذكية جديدة للمؤالفات التي لم يكن مبدؤها يثير أية انتقادات . ولكن المسألة تعقدت بسرعة . اذ إهتم أكثر الكيميائيين في أواخر القرن الثامن عشر بالمؤالفات ، حتى لافوازيه الذي كان يومئذٍ مستغرقاً في مسائل أخرى أشار الى أن المؤالفات وحدها هي التي تسمح بإعطاء الكيمياء الوضوح الرياضي الذي يميز كل علم .

ومن جهته اكتفى بوضع ترتيب لمؤالفة مختلف الأجسام مع الأوكسجين. وبدىء يومئذ بتمييز عدة أشكال من المؤالفات، بعضها يبرز ظاهرات فيزيائية مثل التماسك ،والالتحام، والتبلر ، وبعضها الآخر يوضح بعض التفاعلات الكيميائية . ولكن الغموض الأكبر كان يسود يومئذ المجالين من الأحداث ، كما تدل على ذلك التجارب الأولى التي أجراها غيتون دي مورفو سنة 1772 لكي يرقم المؤالفة ، علماً بأن هذه التجارب كانت تعود في الواقع الى تماسك السطوح المعدنية مع الزئبق .

برغمان Bergman والجاذبيات الانتقائية ـ وأخيراً جرى البحث حول عدم وجود مؤالفة خاصة لكل نوع من التفاعل . وكان بومي Baumé الاول ، على ما يبدو ، سنة 1773 ، الذي ميز التفاعلات الناشفة عن التفاعلات الرطبة . وميز برغمان ، الذي كان يتكلم عن الجاذبية الانتقائية ، لا عن المؤالفة، بين الجاذبية البسيطة والجاذبية المركبة. وتنطبق هذه الاخيرة على التفاعلات ذات التفكك المزدوج ، التي دخلت هكذا ، لأول مرة ، في مسألة المؤالفات .

وقد جرت بحوث برغمان حول هذا الموضوع ، وتوبعت طيلة ما يقارب من عشر سنوات ، بعناية دقيقة وبمهارة تميز بها الكيميائي السويدي . ومجمل هذه النتائج نشر في كتابه « بحث في المؤالفات الكيميائية أو التجاذبات الانتقائية » .

وتصرف برغمان بالشكل التالي : نظر في عدة أجسام سماها a,b,c,d ، صنفها بالنسبة الى جسم A ؛ مثل ذلك القلوي ، الباريت ، والكلس والمنغنيز ، بالنسبة الى الآسيد الكبريتي . وكان يعمل بالمحلول ويراقب ، بالتتبع ، نتيجة فعل الاجسام الثلاثة الأولى a,b,c على المركب Adالمتكون من الجسم الرابع d ومن A . ثم عمل ، بعد ذلك ، نفس الشيء مع Aa,Ab,Ac . فاذا تحول المركب الموضوع أمام c ، الى Ac ، مع تحرر d ، استنتج برغمان من ذلك أن A فيه مؤالفة نحو c أكبر من مؤالفته d . وهكذا دواليك :

وتضمن الجدول الذي وضعه برغمان وفقاً لهذه الطريقة 59 عاموداً . وعدا عن هذا العدد الذي لم يبلغه احد ، لم يتضمن الجدول اي تجديد ، إلا قليلاً . وخصص أحد الاعمدة لمؤالفات الهواء الحيوي (اوكسجين) . وقد فرق برغمان بين التفاعلات الرطبة والتفاعلات الجافة . والنوعان جمعا في جدولين متفرقين . كما وضع ايضاً جدولاً بالمؤالفات المزدوجة يتضمن 64 عاموداً .

ورغم التزامه بمبدأ اعتبار التفاعلات وكأنها كاملة وثابتة ، فقد أقر الكيميائي السويدي بعض

الاستثناءات . وعرف أن زخم النار يمكن أن يفسد نظام الاستبدالات . وناقش أيضاً الحالة التي تتواجد فيها ثلاثة أجسام معاً . وأخيراً رجع الى أسلوب في العرض الموجز للتفاعلات كان قد ابتكره الانكليزي جون اليوت John Elliot سنة 1782 .

وكانت الرسيمات تتألف من 4 ضامّات مرتبة بشكل بحيث تؤلف رسماً ذا اربع جهات . ومثلت الاجسام الموضوعة للتفاعل برموز تقليدية ، ووضعت على وجه أو آخر من الاوجه الاربعة ، أما مكوناتها فقد مثلت متجمعة ثم متفرقة ، وذلك لاعطاء صورة عن ظاهرات التفكك المزدوج .

وقلما استعمل هذا الاسلوب ، ولكن من المفيد أن نشير الى هذا الاهتمام وهو إيجاد تمثيل مكتوب للتفاعل الكيميائي الذي سوف يرتدي بعد 20 سنة أهمية أكبر . في عصر برغمان استعمل لافوازيه أيضاً المعادلات الكيميائية. وأثناء اصلاح الجدول الكيميائي (نومونكلاتور) ابتكر كيميائيان شابان أدت Adet ، وهسنفراز Hassenfratz ، ترقيماً جديداً رمزياً يتوافق مع نظام التصنيف الحديث . وهذا الترقيم لم يستعمل هو أيضاً .

2 ـ من المؤالفات إلى النظرية الذرية

استعمل اليوت Elliot نظامه ذا الرسيمات ذات الضامات ، وذلك ليصور تقييماً رقمياً لقوى المؤالفات . وهذا التقيم العملي أتاح له أن يتنبأ باتجاه التفاعل عندما يتم مزج محلولين ملحيين .

وكان يرى أن قوى المؤالفات تساوي 9 بين البوتاس والاسيد الكبريتي ، وتساوي 2 بين اوكسيد الفضة وأسيد نيتريك ، وتساوي 8 بين الأسيد نيتريك والبوتاس ، وتساوي 4 بين أسيد الكبريت وأكسيد الفضة . وإذا سكب فوق محلول من سلفات البوتاس محلول نيترات الفضة ، وبما أن مجموع مؤالفاتها يساوي 9 + 2 ، اي أقل من مجموع مؤالفات نيترات البوتاس مع سلفات الفضة (= 8+ 4) ، فإن هذين الأخيرين يجب أن يتكونا بشكل حصري .

الانحراف في البحوث حول المؤالفات ـ اهتم العديد من الكيميائيين بالمؤالفات بخلال السنوات الـ 20 الاخيرة من القرن ، إهتماماً دائباً . وحاول كيروان في اسكتلندا، وبومي وغيتون وفوركروا في فرنسا وونزل وريختر Wenzel, Richter في المانيا ، وضع قوانين تحكم بوضوح هذه الظاهرات . وكانت المناقشات طويلة وغامضة نوعاً ما . وكان عدد المؤالفات يزداد مع كل مؤلف . ونحن نقف فقط أمام واقعه ذات أهمية رئيسية بالنسبة الى تاريخ الكيمياء . واقتداء باليوت Elliot ، حاول الجميع أن يرقموا قوى المؤالفات. وبدون هذا التيار الجديد كان يمكن أن يظل مجمل البحوث حول المؤالفة ، التي جرت بخلال القرن الثامن عشر ، بدون نتيجة . وبالفعل توقف الكيميائيون فجأة عن الاهتمام بهذه المسألة ، بعد أن خيبهم بدون شك فشل جهودهم ، وبعد أن اطلعوا بفضل مذكرات برتولي على تعقيد هذا الموضوع ، أو أنهم أخذوا بمواضيع جديدة . ولم يبق من هذه النار الهشيمية حتى ولا اي دخان . وبدت الكيمياء الكهربائية لفترة من الزمن وكأنها قادرة على تقديم مظهر

آخر للمسألة ، ولكن هذا لم يدم . وإذا كان وجود قوى المؤالفات قد أصبح مقبولاً ، فإن اية محاولة ، لم تجرِ طيلة القرن التاسع عشر من أجل تحديد ماهيتها .

إلا أن هذه الجهود الطويلة لم تذهب بدون فائدة . فقد ولدت الحاجة الى ادخال العدد في التعبير عن التفاعل الكيميائي . وكان الهدف من هذه المحاولات ، في بداية الأمر ، هو قياس ، إن لم يكن القيمة المطلقة لقوى المؤالفات ، فعلى الاقل قيمها النسبية . ولكن سرعان ما إنتقل الهدف الى تقييم النسب الوزنية التي تتحد فيها العناصر لكي تشكل مركبات محددة .

لقد ظلت الكيمياء بصورة أساسية نوعية كيفية . وإذا كان لافوازيه قد وضع نظامه ، مبتدئاً بقياسات دقيقة ، فإن هذه القياسات كانت تهدف فقط الى تحديد عدد العناصر التي تشكل مركباً ، أو ليبين أن مثل هذا العنصر كان جسماً بسيطاً وليس جسماً مركباً . وقد هدفت كل قياسات لافوازيه الى تخليص الكيمياء من المبادىء التي لا يمكن وزنها والتي كانت تسيطر على النظريات منذ عشرة قرون ، وكانت هذه القياسات تهمل بصورة مؤقتة كل الفرضيات حول تركيب المادة وحول النسب الوزنية للعناصر فيما بينها .

في الحقبة التي بلغ فيها عمل لافوازيه ذروته فرضت الضرورة نفسها بادخال العدد في الترقيمات الكيميائية .

قوة الاسيدات ـ في سنة 1775 ، عرَّف برغمان بأوزان الاسيدات : السولفوريك ، النيتريك ، الكلوريدريك والكاربونيك التي تتحد مع الصودا والبوتاس . ولكن ، رغم المعرفة الجيدة . بهذه الاجسام ، فلم تكن هناك وسيلة دقيقة لتحديد المعيار الاسيدي أو القاعدي لكل منها. ولذا ظلت كل التقديرات تقريبات لا يمكن استخدامها لوضع جدول عام بالنسب الوزنية . وكانت الصعوبة تكمن في انتقاء جسم معياري يستخدم كنقطة انطلاق لكل النظام . وإذا كان معروفاً منذ زمن بعيد تمييز آسيد قوي عن آسيد خفيف ، فقد كنّا نجهل دائماً كمية الآسيد الموجودة في سائل أسيدي معين . لقد صنع بومي Baumé بصورة عملية ، في سنة 1768 ، ميزانه الشهير ذا الوزن الثابت ، وقد عمل نجاحه على اعطاء سلَّم وحيد للوزن النوعي (دنسيمتري) ولكن الأمر يومئذ لم يعدُ مقارنة مختلف السوائل فيما بينها ، وليس وزن المركزات المطلقة .

ويعود الى كيروان فضل اكتشاف أول منفذ . فقد أوحت له مذكرة برستلي سنة 1772 حول الاسيد كلوريدريك فكرة استعمال الغاز آسيد لاعداد محلول معياري . فبدأ بتشبيع كمية محددة من الماء بالاسيد مورياتيك (كلوريدريك) ، مغيِّراً وازناً حجم الغاز المصوص ، مع تحديد زيادة وزن الماء المشبع ، تم وضع المطابقة بين الاثقال النوعية لمختلف محاليل الاسيد ومقدار ما فيها من آسيد حقيقي .

وأخيراً اجرى معايير القلويات المكربنة بواسطة محلول معياري معروف . واستطاع بالتالي الانتقال الى تعيير محلولات الاسيدات الاخرى مستخدماً محلولاً قلوياً معيارياً. وكان الأول ، بين

1782 و1792 ، في وضع التركيب الوزني لبعض الاملاح .

في نفس الحقبة ، قام كارل فردريك ونزل Karl Friedrich Wenzel (1740-1793) ببحوث أيضاً لتقييم قوة الاسيدات . ولاحظ من أجل هذا ضربة المعادن بالاسيدات ، خلال فترة معينة . وسنداً لخسارة الوزن في اسطوانات معدنية متشابهة مغطسة في مختلف الاسيدات ، لمدة ساعة ، استطاع أن يصنف الاسيدات بحسب مؤالفتها لهذا المعدن . أما فوركروا Fourcroy الذي كان يجرب بدوره ، متأخراً قليلاً ، قياس المؤالفات ، فقد ركز أعماله على مبدأ مختلف . فقد قدر أن المؤالفة تقاس لا على أساس تكوين مركب ما ، بل بسهولة تفككه .

وأعطى كمثل نيترات الزئبق المحصول عليه بتذويب الزئبق بواسطة الاسيد نيتريك ؛ أن مؤالفة هذين الجسمين كان يجب أن ترفع اذا حكم على ذلك بواسطة هذا التفاعل . ولكن إذا اعتبرنا أن النيترات سهل التفكيك بالحرارة ، فمن الواجب القول بأن هذه المؤالفة كانت أقل بكثير من مؤالفة المعدن بالنسبة الى الاسيد كلوريدريك ، لان كلورير الزئبق المحمي يتطاير ولكنه لا يتفكك .

التفكك المزدوج والنسب الوزنية ـ لم يكن القسم الأول من أعمال ونزل Wenzel الا القليل من النتائج . الا أن ونزل اهتم أيضاً بالتفاعلات ذات التفكك المزدوج ، ولاحظ أن مزيجاً ما من محلولات الاملاح الحيادية ، يعطي محلولاً حيادياً حتى ولو ترسب احد الاملاح . فاستنتج من ذلك أن الجزء من القاعدة الذي يحيد آسيد الملح يحيد أيضاً آسيد الملح الثاني .

مثلاً إذا عملنا بواسطة نيترات البوريت وسولفات الصودا، نرى أن الصودا تحيد تماماً القسم من الأسيد نيتريك الذي كان متحداً بالباريت ، وبالعكس يحيد الباريت كمية الأسيد الكبريتي المتحدة مع الصودا . وإذاً تستطيع كميات محددة من الصودا ومن الباريت أن تحيد نفس كمية الاسيد نيتريك أو نفس الكمية من الاسيد الكبريتي .

إن استنتاجات ونزل ، المستمدة من تحليلات عديدة اجريت ببراعة قصوى ، قد نشرت في كتابه :

Lehere Von Der Verwandschaft Der Korper (Dresde, 1777).

وقد قرىء هذا الكتاب وشرح طويلاً من قبل غيتون دي مورفو ، وخاصة في المقالة : « مؤالفة » من « الموسوعة المنهجية » . إلا أن هذه النتائج الاخيرة ليست هي التي استلفتت انتباه الكيميائي الديجوني.إن نظرية النسب المحددة مرت غير منظورة خاصة وإن ونزل نفسه لم يفكر ، أنه اكتشف قانوناً مهماً ، وأنه ، في شروحاته الغامضة ، الح إلى أن الاستبدالات لا تتم بكميات نسبية في كل الحالات ، وإنه قد يحدث أن يكون احد المكونات زائداً في المحلول المتواجد مع المحلول الآخر ، وهذا مخالف للحقيقة . في المقابل ، قارن غيتون نتائج ونزل المتعلقة بسرعة التفاعل بنتائج كيروان وبرغمان . وقد ربط الكيميائي السويدي قوة الاسيدات بكمية كل آسيد لازم لاشباع مئة جزء من قاعدة؛واعتبر الكيميائي الاسكتلندي أن الأسيدات تكون أقوى كلما احتاجت كمية من الأسيد،

محدده من كل منها ، الى كمية أكبر من القاعدة لكي تصبح مشبعة ، هذه الطرق الثلاث ولدت جداول تركيب عدد كبير من الأملاح التي قارن بينها غيتون طويلاً ، بدون نتيجة غير أنها متنافرة .

والابهام في كل هذه البحوث والتأويلات الكثيرة التي رافقتها ، تفهم أهمية العوائق التي كان يصطدم بها أفضل المحللين في ذلك الحين . ففي كل مرة تقف أمامهم مسألة جديدة ، كان الكيميائيون الاولون الذين يحاولون دراستها ، يتخبطون دون أن يتقدموا . والواقع أنهم عندما كانوا يحرفون قليلاً قليلاً مظهر القضية ، كانوا يقتربون من الطرق الفعالة دون ان يعوها هم أنفسهم .

وبعد هذه السلسلة من الأعمال جاءت أعمال عالم بالمعادن الماني ج . ب . ريختر (1762-1807) J.B.Richter. لم يهتم ريتشتر بقياس قوى المؤالفات ، ولكنه حاول أن يضع علاقات رقمية في تركيب مختلف الاجسام . وعاد من أجل هذا الى ظاهرات الترسيب التي لفتت انتباه ونزل .

وعثر ريختر على نفس النتائج ، واكتشف أخرى جديدة ، واقرّ ، بأسلوب أكثر وضوحاً من ونزل ، أن المكان أو الوسط يبقى حيادياً بعد تفكيك مزدوج ، مما أعطى عمومية أكبر لفكرة النسب المحددة ، هذه العمومية التي تنظم اتحاد القواعد بالاسيدات . فضلاً عن ذلك لقد أقرَّ سلَّماً تناسبياً بين مختلف القواعد التي تتحد مع نفس الآسيد كما وضع أيضاً سلماً آخر بين كميات الاسيدات المختلفة التي تتحد بنفس القاعدة. ووجد أن السلم الأول يتصاعد وفقاً لتصاعدية حسابية والسلم الثاني وفقاً لتصاعدية هندسية .

ولم تكن نتائج ريختر دائماً مضبوطة ، وقد عثر شراحه على أنه ضبط هذه النتائج لكي يبرر أفكاره وأدت هذه الملاحظة الى نوع من عدم الثقة بأعماله . ورغم ذلك يبقى مبدأ النسب المتعددة من نتائج ملاحظاته . وقد عرض ، بهذا الشأن نظرية « العناصر المحدَّدة »، ونظرية العناصر « المحدودة » ، وبموجب هذه النظرية تكون اجرام سلسلة من العناصر المحددة ، بالنسبة الى عنصر محدَّد (مثلاً سلسلة القواعد بالنسبة الى الآسيد) ، هذه الاجرام هي بنفس نسب أجرام من سلسلة أخرى مؤلفة من نفس العناصر المحدَّدة ، إذا قورنت بعنصر ثانٍ محدد (نفس سلسلة القواعد بالنسبة الى آسيد ثان) .

القوانين الأولى في القياسية ـ هذا المبدأ يتيح حساب معادلات القواعد والأسيدات التي تشكل نظاماً متماسكاً . وهذا ما قام به ولاستون Wollaston في انكلترا وج . ي . فيشر G.E.Fischer في المانيا .

شكلت كتابات ريختر سلسلة طويلة نشرت ابتداء من 1792 تحت عنوان « ابهندلن . . . شيميا» ولم تقرأ هذا الكتابات كثيراً بسبب غموضها ومن جراء ان ريختر، وان قبل بنظرية الاوكسجين التي قال بها لافوازيه ، فقد استمر يعطي مكانة للسائل الناري . في هذه الاثناء تولى ج . ي . فيشر شرحها ، أثناء ترجمته في سنة 1802مذكرات برتولي حول الستاتيك الكيميائي . وبحسب رأي ورتز Wurtz اطّلع برتولي على أعمال ريختر من خلال نشرات فيشر . أما دالتون فلم يطّلع عليها ، من جهته قبل ايلول سنة 1803 .

وفي أواخر القرن الـ 18 كان هذان المفهومان الاساسيان حول العلاقات المحددة والعلاقات المزدوجة معروفين ومقبولين . إلا أنهما لم يؤخذا بالاعتبار جدياً إلا بعد مضي 10 أو 15سنة ولم تعتمد كقوانين أساسية إلا في أواخر القرن الـ 19 . وتكرار نفس الظروف ، أخر بشكل غريب انتشار هذه المفاهيم . أما كتابات ونزل ثم كتابات ريختر فكانت ذات قراءة منفرة بسبب غموضها . ولهذا درسها القليل من المعاصرين بشكل دقيق . وفيما بعد ذلك بقليل أصبح برتولي الكيميائي الأكثر قدرة على فهمها ، فقبل النتائج التي تحتويها ، رغم أن مناظرته مع بروست Proust قد توحي بأنه يرفضها . ولكن كتاب «ستاتيك شيميك»لبرتولي (1803) بدوره قد نفر القراء . فهذا الكتاب وقد كُتب بانشاء ثقيل ومعقد قد شرح أفكاراً متقدمة جداً عن عصرها بحيث لا يمكن أن تسترعي انتباه الكيميائيين في بداية القرن الـ 19 .

اكتشافات نهاية القرن الثامن عشر ـ لقد انتهى القرن 18 في غليان من الافكار ، ينبىء بجدة عظيمة ، دون أن يستطيع أي من المتخاصمين تصور كيف أن تطبع الكيمياء بهذه الخاتمة وتأسيس كيمياء الغازات ، والبحوث حول المؤالفات قد اعطى لتطور الكيمياء حركة سوف تتفاعل بتزايد جدول (كاتالوغ) الاجسام المعروفة باستمرار .

فإلى جانب الاكتشافات الكبرى التي سبقت الاشارة اليها طلعت اكتشافات أخرى كثيرة . وكان القسم الأكبر منها يعود الفضل فيه إلى المدرسة السويدية المشرقة ، مدرسة برغمان وتلامذته .

وأمتدت سلسلة اكتشافات شيلي الطويلة والشهيرة من 1767 الى 1786سنة وفاته ، فالى شيلي يعود الفضل في تحضير الاوكسجين والكلور انطلاقاً من أوكسيد المنغنيز ، المسمى حتى يومئذ الماغنيز السوداء، ثم اكتشاف الباريت(1774)والأسيدات المولبيديك (1778)والتنغستي (1781). وهذه الاكتشافات أدت الى اكتشاف المنغنيز على يد تلميذ برغمان هو ج . ج ، غاهن J.G. Gahn ، والى اكتشاف المولبيدين على يد السويدي هيلم والتنغستين على يد جوان جوزي Juan José دي الويار. وعزل شيلي أيضاً العديد من مركبات المملكة العضوية، وأهمها الغليسرين (1783) ثم سلسلة الاسيدات العضوية : تارتريك (1769) فورميك (1774) والبوليك (1776)الذي اكتشفه بذات الوقت ايضاً برغمان Bergman ، ثم اللاكتيك والموسيك (1780) والسيتريك والاوكزاليك (1784) ، والماليك (1785) والغاليك (1786) . وفي سنة 1782 ، اكتشف شيلي الاسيد بنزويك وعثر على طريقة لتحضير الاثير الاسيتيك الذي كان لوراغي Lauraguais قد حضره سنة 1759 ، وفي سنة 1777 اكتشف سويدي آخر ارفيدسن Arvidsonالاثير فورميك .

وبذات الوقت تم العثور على نوعين من الكاربور الهيدروجيني وهما الميتان الذي استخرجه فولتا Volta من غاز المستنقعات 1778والذي درسه برتولي Bertholletسنة 1785 ـ ثم الاثيلين الذي اكتشف سنة 1796 ، من قبل أربعة كيميائيين هولنديين : بوندت Bondt ، ديمان Deiman ، فان تروستويك Van Troostwyk ولورنبرغ Lauwerenburg .

وأعطاه هؤلاء اسم الغاز الزيتي ، لانهم لاحظوا أنهم عندما يضعونه مع الكلور وتعريضه لضوء الشمس ، يعطي سائلاً زيتياً (كلورير الاتيلين) . وقد ظلّ هذا السائل يسمى لفترة طويلة « شراب الهولنديين » .

نحو نظرية دالتون Dalton ـ هذه الاكتشافات الاخيرة كان لها في ذلك التاريخ أهمية خاصة لانها أوحت ، بدون شك جزئياً ، الى دالتون بالتأملات التي قادته الى وضع نظامه حول الذرات الكيميائية . وهذه المسألة سوف تعالج بتفصيل في المجلد الثالث من هذا المؤلف . ولانهاء هذا الفصل ، يكفي أن نلاحظ أن نظرية دالتون قد جاء وقتها . لقد حضرت بفضل كل الانقلابات الكبرى التي عملت على تجديد المناخ الذي عاشت فيه الكيمياء ، وبشكل ادق ، بفضل تطور البحوث المتعلقة بقياسات المؤالفات الكيميائية . وكان لهذه البحوث ، رغم مظهرها غير المثمر انعكاسات عميقة منذ السنين العشر الأولى من القرن التاسع عشر ، إن فكرة نظام ذري بالذات ، قد صيغت منذ 1789 من قبل الكيميائي الايرلندي هيجنس Higgins في مؤلفه « مقارنة بين نظرية الفلوجيستيك (السائل الناري) وعدمه » . فكل الاجسام كانت مؤلفة ، برأيه من ذرات ذات أوزان متشابهة ، تتحد نسبها البسيطة جداً لتشكل مختلف المركبات . وقد رأى هيجنس تماماً ، مثلاً أن اوكسيدات ذات العنصر تختلف فيما بينها بعدد الذرات الاوكسيجينية المثبتة في هذا العنصر ؛ ولكنه توصل ، وهو يعزو الى كل الذرات أوزاناً متساوية ، الى نتائج غير متآلفة مع الوقائع المقررة في ذلك الحين . وفرضية هيجنس ، ربما كانت شطحة قلم ، فلم تسترع انتباه أحد ، حتى انتباه مؤلفها . وبعد خمس عشرة سنة كان الجو العلمي مختلفاً ولفتت فرضية دالتون كل الافكار ، حتى أفكار الذين رفضوها من قبل .

الكتاب الثالث :

علوم الطبيعة

الفصل الأول :
المسائل الكبرى في البيولوجيا

I ـ تصنيف ووصف العالم الحي

السابقون ـ إن فكرة ترتيب الفوضى الظاهرة في الاشكال الحية ، بدت ، باكراً ، أمام ذهن علماء الطبيعة ، وربما كان ج . ب . تورنفور J.P. de Tournefort (1656-1708) هو أول من حاول وضع نظام طبيعي من التصنيف ، وبقول آخر نظام تأسس على الايمان «بالحقيقة الموضوعية كالأنواع والاصناف والطبقات » (ج . ف . لوروا J.F.Leroy)[1].وبذات الوقت تقريباً عكف جون راي John Ray في كتابه الضخم المسمى «تاريخ النباتات العام » (1686-1704)بدوره أيضاً على توزيع النباتات توزيعاً جذرياً ، وبصورة خاصة على توضيح مفهوم النوع وربطه بمنشأ مشترك .

عمل ليني Linné ـ استكمل عمل تورنفور وراي وطور على يد ليني Linné الذي اقترح ، من أجل تصنيف النباتات ، نظاماً جنسياً ، مؤسساً على اعتبار السداة . وبدا استخدام هذا النظام سهلاً للغاية من اجل تحديد الانواع بشكل وضعي ، إلا أنه لا يأبه الا لصفة واحدة في الزهرة ، لقد كان صراحة نظاماً اصطناعياً ، وبهذا الشأن ، بدا متأخراً عن المخاولات السابقة[2] . وكان ليني قد اعتبره كذلك ، دون أن ينسى ان هدف عالم الطبيعة هو إقامة أنظمة طبيعية قادرة على التعبير عن المؤالفات الحقّة بين الكائنات . ولهذا جهد أن يقسم المملكة النباتية الى أقسام طبيعية ، وعندما طبق على الزوولوجيا فكرة التصنيفي ، وزّع الحيوانات بشكل طبيعي ممكن في زمنه وذلك اخذاً في الاعتبار ليس فقط السمات البنيوية الخارجية بل أيضاً التشريح الداخلي ، وبصورة خاصة تكون القلب واعضاء التنفس والتناسل ومن مزايا ليني الكبرى أنه ادخل في كل التاريخ الطبيعي التصنيف « الثنائي » وسمي كذلك لأنه اي التصنيف يعبر عن كل نوع حي بكلمتين اسم يدل على النوع ، ونعت يدل على الصنف . ويستخدم النوع للتسمية المشتركة بين كل الاصناف التي تشكل مجموعة طبيعية : مثلاً إن النوع « فيليس » يتضمن مختلف الأنواع الفليس دومستيكوس (الهرة) ، والفليس كاتوس (الهر البري) ، والفليس ليو (الاسد) والفليس برذوس (العسبر ؛ نوع من النمر) .

---

(1) راجع الفصل الأول حول النبات في الكتاب الثاني من القسم الثاني .

(2) ستدرس أعمال ليني فيما بعد .

وهذا الجدول المبسط والموحد ما يزال ساري المفعول في أيامنا ، مما يشهد له ، على الأقل ، بسهولة الاستعمال والقيمة العملية العالية . وهذا التصنيف قدم خيطاً هادياً واضحاً وأكيداً سوف يسمح لعلماء الطبيعة أن يتابعوا بمنهجية مهمتهم الضرورية في الترتيب والتسلسل .

ورغم فضله الضخم ظل عمل ليني نوعاً ما قاسياً وشكلياً . وسوف تدخل عليه بعض المرونة والدقة على يد خلفاء ليني Linné : برنار جوسيو Bernard de Jussieu ، انطوان لوران جوسيو AntoineLaurent de Jussieu ،وبصورة خاصة ربما من قبل ميشال آدانسون Michel Adanson الذي اعطى دفعة عظيمة للطرق الطبيعية في التصنيف مشيراً إلى أهمية مفهوم الاسرة الذي سبق وقيمه بيار ماغنول Pierre Magnol سنة 1689 .

بوفون Buffon خصم ليني Linné ـ كان من اشهر معاصري ليني Linné جورج لويس لوكلرك دي بوفون GeorgesLouis Leclerc de Buffon (1707-1788) وكان في البداية فيزيائيا ورياضياً ، ثم عُين سنة 1739 اميناً عاماً لبستان الملك ، فتخصص بعدها كلية في تأليف ووضع « تاريخ طبيعي » ظهرت مجلداته الأولى سنة 1749 . وكان عالماً بالحيوان والجيولوجيا والمعادن وفيلسوفاً بيولوجياً ، كما كان أيضاً كاتباً كبيراً . أما مؤلفاته الرئيسية فهي : « نظرية الأرض » (1749) ، « حقب الطبيعة » (1778) ، تاريخ ذوات الاربع (12 مجلداً ، 1755، 1767) تاريخ الطيور (9مجلدات ، 1770-1783) ، « التاريخ الطبيعي للانسان » (1749) وأراد بوفون في كل تأليفه حول علم الحيوان أن يعارض أفكار وطرق ليني[1] . وعمل على تفشيل الجدولة الثنائية التي تضع الحمار ضمن فصيلة الحصان ، ووجد أنه من الابسط ، « ومن الاقرب للطبيعة ومن الاقرب الى الحقيقة » القول بأن الحمار هو حمار ، بدلاً من تحويله من دون سبب الى حصان : « اليس من الأفضل ان نلحق بالحصان الذي هو وحيد الحافر الكلب الذي هو مُشتّق الرجل والذي اعتاد ان يتبعه ، بدلاً من أن نلحق به حماراً وحشياً لا نعرفه الا قليلاً ، والذي لا تربطه بالحصان الا وحدة الحافر ؟ » (التاريخ الطبيعي مجلد 1) .

لم يستطع بوفون ، في كتبه اللاحقة ، وبصورة خاصة في كتابه الجميل « تاريخ الطيور » ، إلا أن يسلم بالتصنيف المنهجي وإلا أن يأخذ بالمؤلفات البنيوية اكثر من اخذه « بعلاقات المنفعة والتآلف » . ولكنه استمر يعتقد ؛ أو على الأقل يصرح بأن الأنواع والطبقات والترتيب لا وجود لها إلا في خيالنا ، وإنه لا يوجد في الطبيعة إلا الأفراد .

بوفون Buffon ووصف العالم الحيواني ـ رغم تحيز بوفون وعناده ، واحتقاره الفظ ، وكلها

(1) وكما قال فلورانس Flourens : يجب أن يؤاخذ ليني كثيراً لأنه وجد من السيء أنه وضع الحصان بجانب حمار الوحش . أما ليني فقد كتب إلى صديق له : « أني انتظر بفارغ الصبر المجلدات الجديدة لمسيو بوفون . ففيها خص الطريقة الطبيعية بدأ بالحصان وبالكلب . وهذا يكفيني : لقد رأيت المُنظِّر وانتظر المهارس » .

تعود ، كما ذكر ذلك فلورنس Flourens الى أنه ، في بداياته كان رياضياً أكثر مما كان عالماً طبيعياً ، فقد كان وصافاً مدهشاً لاشكال الحيوانات . كان مختلفاً تماماً عن ليني ، باحثاً عن التمييز بواسطة التفصيل ، أقل مما كان في بعث الحياة بالمجمل ، وكان موهوباً أكثر بالنسبة الى الصورة الكبرى منه بالنسبة الى الصورة المصغرة ، وكان بارعاً في التركيب أكثر من براعته في التحليل ، وكان يضحي أحياناً بالدقة الشديدة أمام مفعول الانشاء ، دون أن يستحق اسم « الانشائي الخالص » ، الذي اطلقه عليه دالمبير d'Alembert . وقدم لعلم الحيوان خدمة ضخمة ، ليس فقط بأوصافه الفخمة لذوات الاربع وللطيور ، وبالصفات المدهشة لانشائه الذي سوف يجتذب الى العلوم الحياتية جمهوراً واسعاً ، بل أيضاً بوجهات نظره الجديدة التي ادخلها في دراسة الحيوانات .

وبالنسبة الى كل من الحيوانات التي نظر بها ، جمع كل المعطيات المتعلقة بما نسميه اليوم « بيولوجيا النوع » : سرعة النمو ، عمر البلوغ التناسلي بالنسبة الى الذكر والى الانثى ، مدة الحمل ، عدد الصغار في الحملة الواحدة ، العمر الذي ينتهي عنده الاخصاب بالنسبة الى كل جنس ، التناسب الجنسي ، الاستعداد للتهجين ، التنوع العرقي ، الاستثناءات ، العناية من قبل الام ، السلوك ، الغرائز ، الاصوات الخ .

وقد حاول بوفون أن يضع قوانين ، وعلاقات بين الاخصاب والقامة ، بين حالة التدجين والاخصاب ، بين القابلية للتهجين والعلاقة الجنسية ، ولم يكتفِ كعالم كبير ، بالجمع ، وبتفسير أعمال الغير ، بل أضاف اليها ملاحظات وتجارب شخصية . وهو أبعد ما يكون عن العالم الطبيعي « المكتبي » ، أو عالماً مجتمعياً ، كما تصوره بعض الاساطير ، بل عاش على اتصال بالطبيعة . وفي مونتبار رتب مداجن للمراقبة ، وحفراً حيث يربي الدببة والاسود . وقد حاول أن يزاوج بين الكلب والذئب وبين الارنب البري والارنب الأليف ، وبين التيس والغنمة ، لأنه كان يعرف أهمية مثل هذه المحاولات من اجل توضيح فكرة النوع .

الفلسفة الحيوانية عند بوفون ـ فضلاً عن ذلك ، ان بعض أفكاره التي عبر عنها تساوي كما يقول كوفيه Cuvier اكتشافات حقة . فقد ركز على وحدة خطة التنظيم في الطبيعة وكان أحد الاوائل الذين تكلموا عن الاجناس البائدة ـ عن هذه الحيوانات التي وجدت والتي لم تعد موجودة اليوم . وقد أشار الى الفرق بين نباتات العالم القديم والعالم الجديد (آ . ل . جوسيو A.L.de Jussieu سبق أن أشار الى هذا الفرق بالنسبة الى المملكة النباتية) ، وبهذا جذب الانتباه الى التوزيع الجغرافي للكائنات .

وأخيراً لم يكن فقط العالم المتخصص بالحيوانات ، بل كان أيضاً من أوائل العلماء الطبيعيين العارفين بالانسان ، وقد صنفه تماماً في سلم الحيوانات . وفيما خص اوران أوتان Orang-Outan كتب يقول « أنه يمكن أن يعتبر أول القرود وآخر البشر ، لانه لولا نفسه ، لا ينقصه شيء مما لنا ، ولانه يختلف قليلاً عن الانسان أي أقل مما يختلف عن بقية الحيوانات التي أعطيت نفس اسم القرد» . (تصنيف القرود) .

ومن الناحية الفلسفية ، يتكلم بوفون في أغلب الاحيان كتجسيدي . فهو يعزو منتهى القدرة الى الطبيعة ، ويرفض عجائبية أولئك الذين ، يتصورون مثل ريو مور Reaumur إلهاً شديد الاهتمام بكيفية طي الجرادة جناحها .

عمل دوبنتون Daubenton ـ كان المعاون الرئيسي لبوفون ، لويس دوبنتون (1716-1800) Louis Daubenton الذي أعطت فراسته ومعرفته العميقة بالتشريح أساساً متيناً لمشروع بوفون . فهو الذي كان يقوم بكل التشريحات وهو الذي كان يحضر القطع ويدرسها ، ويرتبها في المجموعات الخاصة في بستان الملك ، الذي سرعان ما تحول الى متحف عام واسع .

وكان دوبانتون احد منشئي التشريح الوصفي للحيوانات العليا ؛ وعندما نضج في السن انصرف الى البحوث في التدجين وهدفه تحسين أنواع الضأن عند طريق الانتقاء[1] .

II ـ مسألة تكون الأنواع

سيادة الثبوتية ـ بعد راي Ray ، وبخاصة بعد ليني ، اخذ الاتجاه نحو الثبوتية يفرض نفسه والثبوتية ترى في كل نوع كياناً جامداً لا يتغير .

قال راي : « لا يمكن لأي نوع أن يولد من بذرة نوع آخر » . وفي « فونداماننتا بوتانيكا » (1736) الم يصرح راي بأن الطبيعة تحتوي من الانواع بعيدما خلق منها منذ البداية ؟

هذه الثبوتية سوف تسود في البيولوجيا (علم الاحياء) طيلة أكثر من قرن ، وسوف تقدم خدمات لا تقدر من حيث أنها حلت محل التحولية الساذجة والفجة التي سادت في القرون الماضية . وكما قال لروا Leroy فاحسن ، « بدلاً من أن تكون مضايقة لتقدم العلم ، فإنها تطابقت مع حاجة ملحة الى المعرفة ، وقبل كل شيء ، مع حاجة الى مرجع في مواجهة الابهام الشكلي » .

يجب أن لا ننسى أنه قبل ليني وراي ، تعدد علماء الطبيعة الذين كانوا يقولون بأن النوع يمكن أن يولد أي نوع آخر ، أو تقريباً . وفي القرن 18 ايضاً ، اعتقد طبيب جراح انكليزي ، الدكتور سان آندريه Saint-André ، ان امرأة قد وضعت ارنباً . كما أن الراصد الميكروسكوبي البارع نيدهام Needham زعم أن العطن يتحول الى حيوان .

الاستثناءات ـ ظهور تحولية جزئية ـ ولكن الثبوتية ، مهما كانت متجذرة ، عموماً ، فيما يتعلق بأشكال الطبيعة الحالية ، فهي قد خلقت بعض المصاعب الحقيقية ، اذ في داخل نفس النوع ، على الأقل ، كان المراقبون المتيقظون قد سجلوا تغييرات بدت لهم غير ذات تفسير .

---

(1) إن المظاهر الأخرى للزوولوجيا (علم الحيوان) سوف تدرس في الفصل الرابع .

وحتى ان المنظرين الكبار بالذات ، منظري الثبوتية ، اعتقدوا بأن عليهم أن يفسحوا مجالاً لبعض الاستثناءات ، يقول راي ، قد يحدث بصورة عارضة تماماً ، « تقهقر » في النوع ، من شأنه ، مثلاً ، أن نحصل على ملفوفة عادية من « قرنبيطة » ، أو على Primula pratensis inodora من Primula veris major .

أما ليني فاذا كان يسند الى حكمة الله القدير الفروقات الحقيقية « الجدية » بين النباتات ، فإنه رغم ذلك يعتبر بأن الطبيعة تستطيع أن تحدث بعض الفروقات العارضة ، أو نوعاً من التشويهات المحكومة بالزوال ، في حين تبقى الأنواع الأولى خالدة .

وانطلاقاً من 1742 وبعد أن قدم له تلميذ « قطانية » لم يعرف كيف يحددها (بيلوريا) ، وافق ليني أكثر على تنوعية الأنواع . ولم يرفض الاستنتاج « المذهل » بأن أنواعاً جديدة ، بل أجناساً جديدة دائمة ، يمكن أن تنبثق في المملكة النباتية ، أما بتغيير مفاجيء ، أو عن طريق التهجين ، الامر الذي يقلب ، الى حد ما ، الاسس الذاتية لعلم النباتات ، وذلك بخفض الحواجز الطبيعية .

« هل كل الأنواع هي بنت الزمن ؟ أم أن الخالق ، عند نشأة الكون ، قد حدد هذا النمو بعددٍ من الانواع ؟ لا اجرؤ على البت بهذا الموضوع بيقين » .

وهكذا يبدو معلم الثبوتية البيولوجية ، من بعض النواحي ، تحويلياً جزئياً . ومنذ عدة عقود من قبل (1715 -1716) اكتشف النباتي ج . مارشان J.Marchant في بستانه نوعين من « الحلبوب » لم يعرفهما من قبل ، وهما يختلفان عن النوع النموذجي بفضل ترتيب الاوراق وفرزاتها ؛ وبما أن هذه الطارئات الجديدة ، بعد ظهورها ، قد بقيت ثابتة ، فإن مارشان لم يشك في أنه قد شاهد ولادة أشكال جديدة ، وإنه أجاز لنفسه أن يقترح الفرضية التالية : « من خلال هذه الملاحظة ، هناك مجال للظن بأن القدرة الآلهية ، بعد أن خلقت افراداً من النباتات كنموذج لكل نوع ، وصفت هذه الافراد من كل البنيات ، والسمات التي يمكن تصورها ، وان هذه النماذج ، أقول ، أو الرؤساء في كل نوع ، عند استمراريتها ، قد أنتجت أشكالاً متنوعة من بينها الاشكال التي بقيت ثابتة ودائمة ، وهذه شكلت الأنواع ، التي ، على توالي العصور ، وبنفس الشكل ، أنتجت إنتاجات أخرى متنوعة ، كثرت وضاعفت علم النبات بالنسبة الى بعض الأنواع ، حتى أصبح من الثابت اليوم إننا نعرف في بعض الأنواع من النباتات حتى 100 أو 150 أو حتى أكثر من 200 صنف متميز وثابت ينتمي الى نوع واحد من النباتات » (ملاحظات حول طبيعة النباتات ، تاريخ الاكاديمية الملكية للعلوم ، 1719) ، واعتمد مارشان ، هو أيضاً نوعاً من التحولية الجزئية مقصورة على التحدر من نفس النوع .

ونجد رأياً مشابهاً عند نباتي هاوٍ ذي قيمة عالية دوشين Duchesne الذي شاهد ولادة صنف جديد من الفريز (فراغاريا مونوفيلا) انطلاقاً من فريزة عادية (فراغاريا فسكا) . هل هذا ، حقاً نوع جديد ؟ وفي حال الايجاب ، كم يوجد في الأنواع الاخرى من أشكال متنوعة يجب أن ينظر اليها كأنواع ؟ وعلى كل حال ، كان يرى أن كل الفريزات المعروفة تنحدر من نفس الادومة الاساسية ،

وذهب الى حد أنه ، رسم في « التاريخ الطبيعي للفريزات» (1766)، خلقاً لهذه الأنواع ، بعد أن لاحظ أن « الترتيب النسبي هو الوحيد الذي تدل الطبيعة عليه ، والوحيد الذي يُرضي الفكر تماماً ؛ وكل ترتيب غيره هو كيفي وخالٍ من الافكار » .

من جهته أعلن ادانسون Adanson (تاريخ سلالات النباتات ، 1762) بوضوح أنه ضد الثبوتية المطلقة للنوع . وقد زعم أنه يعرف ثماني حالات من حالات الانتاج الجديد ، ثلاث منها « ملحوظة تماماً ، شاهدها وبيَّنها علماء النبات القدامى المعتادون على حسن الرؤية». وتأتي برأيه هذه التغييرات الثابتة نوعاً ما ، من تأثير الظروف الخارجية : التربية ، المناخ ، الخ .

التغييرية المحدودة عند بوفون ـ يبدو أن بوفون الكبير قد مال الى هذا المفهوم القائم على التغييرية المحدودة ـ بين الاسر أو العائلات ـ كما أن فكره الجريء قد عكف عدة مرات على المسألة الواسعة المتعلقة بقرابة الأنواع ـ « احد هذه الخفايا العميقة في الطبيعة التي لا يستطيع الانسان سبرها الا بقوة التجارب المتكررة والطويلة والصعبة » .

كان بوفون يرى بوضوح صعوبة وغموض المسألة ، والالتزام الموجب لتوضيحه ، واللجوء الى تجريب منهجي ، حيث يحتل التهجين مكانة مختارة :

« كيف يمكن أن نعرف بغير النتائج بالاجتماع المجرب الف مرة بين حيوانات من أنواع مختلفة ، ودرجة قرباها ؟ . . . على اية مسافة من الانسان نضع كبار القرود التي تشبهه بشكل الجسم ؟ هل كل أنواع الحيوانات التي كانت في الماضي هي ما هي عليه الآن ؟ ألم يزدد عددها،أم أنه نقص ؟ والانواع الضعيفة الم تتلف بالاقوى أو بجور الانسان . . . ما هي العلاقات التي يمكننا إقامتها بين هذه القربى بين الانواع وقربى أخرى معروفة أكثر والتي هي قربى الاعراق المختلفة ضمن النوع الواحد ؟ » (في البغال) .

إنه في فصله الشهير حول « تقهقر الحيوانات » عرض بوفون بأكبر وضوح آراءه التحويلية . فهو يعالج فيها العمل التغييري الذي يحدثه الوسط ، باعتبار هذا الاخير ممثلاً بصورة رئيسية « بالمناخ » الذي يذوي الشكل الخارجي ، و« بالغذاء » الذي يصيب الشكل الداخلي وأخيراً « بالتدجين » بالنسبة الى الأنواع الحيوانية التي سخرها الانسان واستعبدها .

وكمثل على مثل هذه المفاعيل ، يذكر التغييرات في قامة الحيوان ، وفي لون ونوعية الشعر ، وفي سماكة الجلد ، وفي كبر القرون ، وفي الصوت وايضاً في تكوين الحدبات والاشتان (الخشونات) عند الجمل الخ .

وتوصل الى التساؤل حول تغيير الأنواع بالذات ، « وحول هذا التراجع الاقدم ، وفي الازمنة الموغلة في القدم والتي يبدو أنها ظهرت في كل عائلة ، أو ، اذا شئنا ، في كلٍ من الانواع التي منها يمكن فهم الانواع القريبة والقليلة الاختلاف فيما بينها » .

وبعد أن قارن ، من هذه الزاوية ، فيما بين كل الحيوانات ذات الاربع ، ورد كلاً منها الى نوعه ، استنتج ان المئتي نوع التي ذكر تاريخها ، يمكن في النهاية أن « ترد الى عدد صغير من الاسر أو من الادومات الرئيسية ، التي منها ، وهذا ليس بالامر المستحيل ، انبثقت كل الانواع الاخرى » .

وعلى هذا فقد رد ، من جهته ، الى 15 نوعاً و 9 أصناف منفردة ، ليس فقط الحيوانات المشتركة بين القارتين ، بل أيضاً كل الحيوانات المختصة بالعالم القديم ، ومن جهة أخرى ، الى 10 أنواع و4 أصناف منفردة الحيوانات المختصة بالعالم الجديد ـ اي ما مجموعه 38 نمطاً اصيلاً .

ثم يضيف ان لبعض الانواع والاصناف الخاصة بالعالم الجديد ، علاقات بعيدة ، مع الأنواع من العالم القديم ، وهذه العلاقات تدل على « شيء مشترك في تكوينها » (التابير يشبه الفيل ؛ والبكاري يشبه الخنزير ، واللاما تشبه الجمل ، واليغور والأسلوت يشبهان النمر ، والظربان يشبه ابن عُرْس الخ) ؛ وهذا يقودنا الى التقليل أيضاً من عدد الأنماط الأساسية .

فضلاً عن ذلك ، وفي صفحة تذكر كثيراً (فصل : « في الحمار ») عالج بوفون ، بمناسبة كتاب للدكتور بومان Baumann (المعروف بـ موبرتوي Maupertuis) ، فرضية التحولية المعممة ، اي الفرضية التي بموجبها اشتقت الحيوانات كلها من جدٍ وحيد .

يتساءل : هل الحمار والحصان من نفس الاسرة ، كما تصنفهما المصنفات ؟ فاذا كانا كذلك حقاً الا يمكننا القول ايضاً ان الانسان والقرد لهما ايضاً اصل مشترك ؟ ومع الاخذ في الاعتبار بالتوافق الاساسي في الطبيعة والذي يقوم بين الانسان والثدييات ، وبين الثدييات والطيور ، وبين الطيور والزواحف ، وبين الزواحف والاسماك ، الا يمكن أن نرى كل الحيوانات « وكأنها نفس العائلة » ، ونفترض أنها جميعاً « قد انحدرت من نفس الحيوان الذي ، عبر تعاقب الازمنة ، قد انتج ، مستكملاً أو متقهقراً كل أعراق الحيوانات الاخرى . . . لا توجد حدود أمام قوة الطبيعة ، ولا نخطىء ان افترضنا أنه من كائن واحد ، استمدت الطبيعة ، مع الزمن ، كل الكائنات العضوية » .

ولكن بوفون ، في الحال ، يرفض هذا الاستنتاج ، لكي يرفض أيضاً مقدماته : الحمار هو حمار خالص ، وليس حصاناً متقهقراً .

كيف يجب أن نفسر هذا المقطع ؟

يرى ي . غينوت E.Guyénot : لا مجال للشك أن بوفون يقدم رأيه الحقيقي عندما يعرض اطروحة التحولية المعممة ، وإن تظاهر برفضها في النهاية ، إنه مجرد خداع وتمويه ، لكي يتفادى ازعاجات « الكنيسة » .

اني اعترف ، أن شعوري مختلف جداً : اعتقد ان بوفون عندما كتب هذه الاسطر ، لم يكن بعد قد وضع تحوليته المحدودة ، وإنه كان أكثر اهتماماً بمهاجمة المصنفين منه في تمرير رأي مخالف « هدام » خلسة .

التحولية التكاملية عند موبرتوي Maupertuis ـ إذا كان علماء الطبيعة ، فيما خص فرضية التطور ، قد ظلوا خجلين نوعاً ما ، فبالمقابل كانت هناك تحولية تكاملية تظهر بدون خفاء على يد الجيومتري الفيلسوف موبرتوي في كتابه « محاولة حول تكون الاجسام العضوية » (1754) .

وبحسب موبرتوي يتم « الخلق » بواسطة « خلايا منوية » آتية من كل من الابوين . وعندما تتحد هذه الخلايا كما يجب فإن الولد يشبه ابويه ، ولكن قد يحدث ان تتحد الخلايا بشكل غير منتظم ، وعندها يظهر كائن فريد غير عادي .

« الا يمكن أن نشرح من هذا كيف أنه ، من فردين فقط ، تتكاثر الأنواع الاكثر اختلافاً وتتتالى؟ ان الانواع لا تدين بمنشئها الأول إلا لبعض التوالدات العارضة ، التي لم تحفظ فيها الاجزاء الأولية النظام الذي اخذته عن الحيوانات الاب والام : إن كل درجة من الغلط أو الخطأ تنتج صنفاً جديداً ؛ وبفضل الانحرافات المتكررة تأتي التنوعية اللامتناهية في الحيوانات التي نراها الآن ، والتي ربما تتزايد مع الزمن ، والتي لا يقدم لها تتابع القرون الا تزايدت غير منظورة » .

يلاحظ أنه في هذا النص ذي الأهمية البالغة ، يرى موبرتوي ، لكي يشرح تكوين الأنواع الجديدة ، فكرة التغير العارض او المفاجىء الشبيه جداً ، «وبالتحول» عند البيولوجيين المحدثين . وهي فكرة ظهرت في الماضي في « فينوس فيزيك » (1745) لنفس المؤلف : « إن الذين تنصب مهارتهم على ارضاء ذوق الفضوليين ، هم ، كما يقال ، مبدعو الاصناف الجديدة . إننا نرى ظهور اعراق من الكلاب أو الحمام أو اليمام (النغر) لم تكن من قبل في الطبيعة . إنها لم تكن في البداية الا أفراداً طارئين عرضيين ؛ وقد جعلها الفن والاجيال المتكررة أنواعاً » .

وكذلك ، في كتاب « الرسائل » وبمناسبة « الجنس الاصبعي » (Sexdigitisme) وقد درسه شخصياً كمولِّد مؤصل يقول موبرتوي : « أريد أن اعتقد أن هذه الاصابع الزائدة ، في بدايتها ليست الا تنويعات عارضة . . . ولكن هذه التنويعات ـ بعد أن تترسخ بفضل عدد كافٍ من الاجيال التي تعاقبت على الجنسين ، ـ تؤسس أنواعاً ، وربما هكذا تضاعفت وتكاثرت كل الأنواع » (الرسالة 17) ،

طلائعيو التحولية التأملية : بنوا دي مايه و ج ـ ب ـ ش روبينه J.B.-ch. Robinet ـ وبذات الوقت الذي كان فيه موبرتوي بطور هذه الاستلهامات الرائعة قام فيلسوف هو بنوا دي مايه Benoist de Maillet (1658-1728) في كتابه « تليامو » (طبع سنة 1735 إنما نشر فقط سنة 1748) يقترح نوعاً من التحولية الاسطورية ، يشك في أنه هو نفسه قد اخذها على محمل الجد .

لقد انطلق من الايمان بالطوفان الموسوي ، الذي بدا له لمرتكزاً على وجود « اجسام متحجرة » ـ كالقواقع او الاسماك المتحجرة ـ في الجبال ، فتصور مايه أن الأنواع الأولى الحية المنبثقة عن النطف الأولى كانت كلها اجناساً بحرية ، ولدت بدورها ، بواسطة التحولات المفاجئة ، كل الأجناس الارضية بما فيها الانسان .

وإذا كان التحول لا يتم كل يوم تحت نظرنا ، فان تحول اليرقة الى فراشة ، هل يمكن أن يكون اسهل على التصور من تحول السمكة الى طير؟ إن الزعانف تتشقق ، واشعتها تصبح ريشاً . والجلد يكتسي بالزغب ، والزعانف البطنية تتحول الى قوائم ، والجسم يتقولب ، فتمتد الرقبة والمنقار : وهكذا يتم التحول . . . وكذلك نشأت ، من الطلائع البحرية الدببة والفيلة ، والانسان .

هذه التحولات المفاجئة لا بد وأنها اقترنت بموت كثير ولكن « ان ينفق مئة مليون بسبب عدم القدرة على التكيف ، يكفي أن يقدر على ذلك اثنان ، حتى يعطيا النوع منطلقه » .

ومن بين رواد التحولية النظرية يذكر أيضاً جان باتيست ـ شارل روبينه (1735-1820) الذي رأى في مبدأ الاستمرارية « كيفية جديدة في تأمل الطبيعة » . ففي نظره ، لا تشكل الكائنات كلها الا مملكة واحدة « بسلسلة متتابعة » ، ومنطلقها النموذج أو النمط ، المتغير دائماً وبلا حدود ، والذي تتجاوب مظاهره المتصاعدة مع غلبة وسيطرة متزايدة للقوة على المادة .

ويمثل الانسان الطرف الأعلى من السلسلة ، والحد والغاية من الجهد الطبيعي .

« كل تغير في النمط النموذج هو نوع من دراسة الشكل البشري الذي تتأمله الطبيعة . . .

إني أرى الطبيعة وهي تعمل ، تتلمس نمو هذا الكائن الممتاز الذي يتوج عملها . . . وبمقدار ما توجد تنوعات وسيطة بين النمط النموذج والانسان ، بمقدار ما اعدد محاولات الطبيعة التي ، تهدف الى الأكمل ، فلا تتمكن من التوصل اليه إلا من خلال هذه السلسلة التي لا عدَّ لها من التجارب » (في الطبيعة) (1766) .

زونوميا اراسموس داروين Erasmus Darwin ـ وبدا كتاب « زونوميا » (1794) لايراسموس داروين (1731-1802) جد شارل داروين أكثر أهمية ، لان هذا الكتاب يتضمن نظرية شبه كاملة حول التكون التدريجي وحول تكامل المملكة الحيوانية .

وبحسب اراسموس داروين Erasmus Darwin كل حياة عضوية ، تأتي من خيط عضوي أولي اعطاه « السبب الأول » القدرة على اكتساب أجزاء جديدة ، وميولاً جديدة « وهكذا الاستمرار في استكمال ذاته ، بفعل نشاطه الذاتي الكامن ونقل هذه الكمالات من جيل الى جيل إلى ذريته وعبر عصور العصور » .

إن التغيرات المتتالية تعزى الى اسباب خارجية متنوعة جداً : مناخ ، عادات ، نظام ، أمراض ، مسكن ، جهود ، رغبات ، تدجين ، تصورات ابوية .

وخطم الخنزير يستخدم لحفر الأرض ؛ وخرطوم الفيل الذي هو امتداد للأنف يسمح له بأن يجذب اليه اغصان الاشجار لكي يتغذى بها ، وشرب الماء بدون طي ركبتيه ، الخ وكل هذه الاعضاء يمكن أن تكون قد توفرت بصورة تدريجية نتيجة جهود مستمرة تقوم بها الحيوانات للحصول على طعامها ، ثم انتقلت الى ذرياتها ، مع بنية تتحسن باستمرار تخصيصاً للهدف المطلوب .

وهنا نتعرف على الفكرة اللاماركية (نسبة الى لامارك) ، حول الاحتياجات الخلاقة للاعضاء . ولكن كتاب « زونوميا » يحتوي أيضاً بذرة بعض الافكار الداروينية : التلون الوقائي والانتقاء الجنسي ، الخ .

وهكذا كتب ايراسموس داروين بشأن مهاميز الطيور : « من المؤكد ان هذه الاسلحة لم تعط لها الا لتدافع عن نفسها ضد أعداء من جنسها ، لان الاناث غير مزودة بها . والهدف الذي رمت اليه الطبيعة ، على ما يبدو ، بوضعها هذا الصراع بين الذكور ، هو أن الحيوان الاقوى والانشط يستعمل لديمومة النوع الذي يتكامل بهذا الأسلوب » .

وعندما انتهى القرن الـ 18 كانت التحولية قد ترسخت واستقوت . وقد استندت ، من جهة ، على الملاحظة الايجابية من قبل اختصاصيي التاريخ الطبيعي الذين بعد أن لاحظوا التنويعات بين الأجناس ، اخذوا يسألون أنفسهم الى اي مدى تصل هذه التنوعية ، ثم من جهة اخرى ، حول تأملات الفلاسفة الذين ـ بمقدار ما يتحررون من الوصاية التيولوجية ـ يشعرون أكثر فأكثر بالحاجة الى وضع تفسير عقلاني لعالم حي يحل محل نظرية الخلق المستقل للانواع .

III ـ مسألة التوالد

ارث القرن الـ 17 ـ المناقشات بين القائلين بسبق التكوين والقائلين بتسلسل التشكيل أو التخلق المتعاقب . إن الجدة الكبرى التي قدمها القرن الـ 17 ، فيما خص مسألة التولد كانت مفهوماً سبق وجود النطف . وقد قامت على أساس هذا المفهوم مدرسة بأكملها منذ سوامردام Swammerdam ، وبصورة خاصة منذ مالبيجي Malpighi .

إن الكائن المستقبلي قد افترض أنه موجود من قبل ، بشكل قزمي ومبتسر في نطفة غير مرئية والذي لا يحتاج لكي يولد الا للكبر والنمو .

إنها نظرية تلغي ، كما نرى ، وببساطة خالصة مسألة تكون الكائن . وكما يقول احد هؤلاء الدعاة لسبق التشكيل ، أن ما يسمى بالتولد أو الخلق ليس هو كذلك بل بداية تطور يدفع بصورة تدريجية الى بروز أجزاء كانت غير مرئية من قبل .

وهناك نظامان متعارضان ، يقول بهما دعاة النطف السابقة الوجود : النظام الأول يضع النطفة داخل البيضة التي تنتجها الانثى (ولذا سمي بالنظام البيضاوي) ؛ والنظام الآخر يضع النطفة في الحييوين المنوي في الذكر (وهذا ما يسمى بالنظام المنوي أو الحييواني) .

فضلاً عن ذلك ، كانت نظرية النطف مقرونة في أغلب الأحيان بالنظرية الخرافية نظرية التراكب ، وبموجبها تحتوي النطفة ـ انثى أو ذكراً ، بحسب الحال ـ جنيناً هو نفسه ـ اذا كان ينتمي الى

الجنس المنتج للنطف ـ يحتوي على نَطف اخرى ، هي بدورها تحتوي على أخريات ، وهكذا دواليك حتى اللانهاية او ما يشبهها . . .

وقد اعتقد انصار النطف أيضاً بنظرية « الانتشار » ، وهي نظرية لا تقل غرابة وتنشر النطف في كل مكان ، وهذه النطف تنتظر لكي تتنامى ، إمكانية الولوج الى انثى او الى ذكر يأويها .

وكان كل هذا أمراً مستغرباً حتى أن الكثير من المفكرين قد رفضوا فكرة تؤدي الى مثل هذه النتائج . وقد رفضوها ايضاً لان القول بوجود نطفة وحيدة (أو أمومية أو أبوية) ، يوقع في مشقة تفسير الاحداث المعروفة تماماً ، احداث التشابه الثنائي الطرف . ولهذا ظلوا أمناء للطرح القديم القائل بالبذار المزدوج الابوي ، مع إنكار كل سبق وجود للنطف .

ولكن هذا الطرح بالذات لم يخل من ان يجر وراءه مصاعب خطيرة جداً . فهو قد استبعد دور البيضة ، كما استبعد دور الحييوين النطفي ؛ وبصورة خاصة كان عليه أن يشرح كيف يمكن ، انطلاقاً من سائلين مختلفي الشكل بناء الجهاز المعقد جداً في الجنين .

والتعارض بين المدافعين عن النطف وبين دعاة التكون التدريجي النطفي قد لعب دوراً ضخماً في تاريخ البيولوجيا . وكما يحدث في أغلب الأحيان في مثل هذه النزاعات كان المعسكران على حق جزئي لكل منهما . فدعاة التشكل التدريجي ، كانوا على حق في انتقاد الفكرة الساذجة ، فكرة سبق التكوين أو سبق التشكل ، ولكن دعاة سبق التشكل يتقدمون بعض الشيء عندما يؤكدون وجوب وضع شيء كامل التنظيم في بداية التطور .

ولم يبدأ الضياء بالانتشار الا عندما ظهر ، بخلال القرن التاسع عشر مفهوم الخلية أي مفهوم البذرة الحية ولكنها الخالية من كل تشكل بشكل الكائن المستقبلي .

اكتشاف التلقيح الذاتي ـ ووجدت نظرية الجراثيم واحداً من أكبر وأبرع المدافعين عنها في شخص احد تلامذة ريومور Réaumur ، هو العالم الطبيعي والفيلسوف السويسري شارل بوني Charles Bonnet (1720-1793) .

فقد اشتهر بوني سريعاً في عالم علماء الطبيعة عندما اكتشف وهو ابن 20 سنة نظرية التوالد الذاتي عند البراغيث ، وهي نظرية كان قد أحس بها ليونهوك Leeuwenhoek وكان ريومور أيضاً قد حاول عبثاً أن يثبتها .

فالبرغوث المربى بعزلة تامة منذ ولادته ، انتج 95 برغوثاً صغيراً لم يشاركه في تكوينها اي ذكر . وقد احدث هذا الاكتشاف ، الذي أعلنه ريومور أمام اكاديمية العلوم ، سنة 1740 ، ضجة ، حين جعل من البرغوث « كائناً مهماً في عالم الفيزياء» (هالر) . فمن جهة كان لهذا الاكتشاف قيمة منهجية وفلسفية من حيث أنه يطعن في شمولية القانون العام القائم على تعاون الجنسين . وبالتالي فهو يدعو الباحثين الى عدم الاطمئنان الى التعميمات المشرعة ، والى الاستعداد الدائم لتقبل الظاهرات غير

المتوقعة ، ومن جهة اخرى يقدم هذا الاكتشاف حجة ذات وزن لدعاة البيضية . واصبح بالامكان بعد ذلك التعرف على أنواع حيوانية تستطيع الانثى فيها الاستغناء عن الذكر . ولم تعرف أنواع ، يستطيع الذكر فيها الاستغناء عن الانثى[1] . اليس في هذا أخيراً الدليل الحاسم على الأولية التوليدية للجنس المؤنث ؟

سبق التشكل عند شارل بوني Charles Bonnet ـ يرى بوني ان السائل الذكري أو البذار يدخل في البيضة ـ اي في الجنين السابق التكوين ـ ويحفزه على النمو وذلك باعطاء قلبه نشاطاً بدونه لا يستطيع التغلب على « مقاومة السوائل الاخرى » . ولكن دور البذار لا يقف عند هذا الحد . فهو يحتوي على « خلايا غذائية » لها القدرة على التأثير انتقائياً على هذا الجزء أو ذاك من الجنين ، وهكذا يفسر التشابه ، الملحوظ في أغلب الأحيان بين المولود والوالد ، تشابه بارز بشكل خاص لدى الانواع المهجنة مثل البغال التي ترث بشكل أكيد من بعض خصائص الجنس الابوي .

مثلاً عندما تدخل منوية الحمار في جنين الفرس ، فأنه يدخل فيه خلايا من شأنها أن تكبر الآذان أو الحنجرة في حين أن منوية الحصان ، اذا دخلت جنين الحمارة تدخل فيه خلايا من شأنها تطويل الذنب .

يقول بوني بوجود حييوينات في البزار ولكنه أنكر عليه اي دور في الاخصاب .

وتصورات بوني تبدو أحياناً عبقرية ، ولكنها مشوبة بتحيزه المنهجي : فمهما يجابه به من وقائع ، فإنه مصمم مسبقاً على تصنيفها ضمن سبق تشكيليته البويضية . ولكن يجب الاعتراف ان هذه السبق تشكيلية مدرّجة نوعاً ما ومعدّلة الى درجة أن بعض المقاطع من كتابه تبدو وكأنها تعبر عن مفهوم الخلية الحديث : «نفهم عموماً من كلمة بذرة أو جرثومة«كائناً عضوياً متناهي الصغر، بحيث أنه ان أمكن اكتشاف هذه الجرثومة في حالتها هذه ، فإننا نجد فيها نفس الأعضاء الأساسية الموجودة في الاجسام العضوية الكاملة في نوعها ، بعد كبرها وتطورها . وقد أشرت الى أنه من الضروري اعطاء كلمة جرثومة معنى أوسع بكثير ، وإن مبادئي بالذات تفترض هذا بشكل ظاهر ، وبالتالي لا تدل هذه الكلمة فقط على جسم عضوي متناهي الصغر ، بل تدل أيضاً على كل نوع سابق التكوين أصيل ، يمكن أن ينتج عنه كل عضوي ، منبثق عن مبدئه الآني» (بالين جينيزي فيلوزوفيك) .

الجزيئات المنوية عند موبرتوي Maupertuis ـ أما المعارضون فلم يكونوا قلة في وجه شارل بوني ومن بينهم ، بشكل خاص نجد موبرتوي الذي يهاجم ، في كتابه « فينوس فيزيك » ، وفي

(1) كان أراسموس داروين Erasmus Darwin ، بهذا الشأن أول عالم طبيعي أثبت أن التولد الفردي عند البراغيت هو من صنع الأفراد الذكور : « وربما كان من المحتمل أن الحشرات التي يقال أنها يمكن أن تخصب لستة أجيال مثل الافيس . . . تولد ذرياتها . . . بدون أم وليس بدون أب ، وتقدم بالتالي مثلاً عن «Lucinz Sine concubitu» (زونوميا) .

« رسائله » ، وبعنف نظام الجرثومات ، الذي لا يتلاءم برأيه ، مع نتائج التهجين بين الانواع ولا يتلاءم مع وقائع الملاحظة العادية فقط ، بل يناقض أيضاً ، بعض المعطيات المتوفرة حديثاً حول إنتقال الشذوذات في النوع البشري .

واكتشف موبرتوي ، بهذا الشأن ، في برلين ، اسرة (هي اسرة الجراح جاكوب روهي Jacob Ruhe) حيث تنتقل « السداسية الأصبعية » من جيل الى جيل ورسم سلالة لهذا الشذوذ ، ورأى أنه « ينتقل على حد سواء من الآباء ومن الأمهات » . أليس في هذا حجة قاطعة لصالح تعاون الأبوين ، وكأنها تجربة جاهزة أجرتها الطبيعة ، لا تقل تبييناً عن التجارب التي تمنى ريومير إجراءها عندما زاوج طيوراً من أربعة أصابع مع طيور من خمسة أصابع ؟ (فن تربية الطيور الداجنة ، مجلد 2، مذكرة 4) .

ولكي يتثبت موبرتوي من هذه الوقائع التزم النظام القديم ، نظام مزج البذارات ، حيث يدخل فيها العديد من الجزيئات التي تمثل مقتطفاً من كل الأجزاء العضوية في الجسم الابوي . هذه الجزيئات بفعل الاجتذاب المتبادل أو بفعل «شيء ما أكبر» تتمازج لتشكل نطفة يكون كل جنس قد وضع فيها من ذاته[1] .

بوفون Buffon ونظرية الخلايا العضوية ـ وهذه الفرضية استعادها بوفون ووسعها كثيراً فانتقل من « الاجزاء النطفية » لموبرتوي الى ما سماه « الخلايا العضوية » .

وبحسب رأي العالم الطبيعي الكبير ، تتكون كل الكائنات الحية من خلايا حية غير قابلة للتلف ، تمسك في مكانها وتنتظم « بقالب داخلي » ، والبذاران ـ الابوي والامومي ـ مشبعان بهذه الخلايا التي عندما تتجمع تشكل الجنين ، وهي التي ، في البذار المذكر ، تولد باجتماعها ، هذه الكرويات الحية التي هي الحييوينات المنوية .

ولكن بوفون ـ بالتعاون مع مصور للميكروبات معتبر ، جون توبرفيل نيدهام (1713-1781) John Turberville Needham مؤلف كتاب « الاكتشافات الميكروسكوبية الجديدة » (لندن 1745 ، ترجمة فرنسية ، باريس 1750) ، طمح الى تقديم بيان مباشر عن آرائه النظرية . ودرس تحت المجهر منياً مذكراً، فظن انه يرى فيه ، ولادة حييوينات انطلاقاً من خلايا موجودة في السائل . ووسع مراقبته للسوائل المسحوبة من الغدد التناسلية عند الانثى ـ غدد سماها خصيات لا مبيضات ، لانه عزا لها ، كما لغدد الذكورة ، إنتاج مني خصب منتج ، وفي هذه السوائل ظن أيضاً أنه يرى « خلايا ناشطة » كلها مشابهة للحييوينات. . . وأخيراً تفحص سوائل حيث مرثت لحوم حيوانية ، وكذلك بذور نباتية ، وشاهد فيها أيضاً ظهور مثل هذه الخلايا .

أليس في هذا البرهان على أن كل الاجسام الحية تتألف من تجمع « الخلايا العضوية » الدائمة

---

(١) إن دور الوراثة الأبوية يبرز أيضاً من تجارب كولروتر Kölreuter حول التبغ (1761) وتجارب ترمبلي Trembley حول الذرة ، الخ .

النشاط ، المستعدة دائماً للاتحاد لانتاج شيء ما عضوي ، حتى عندما لا تتوفر الظروف لتوليدٍ حقٍ ؟

والواقع ، أن هذه الملاحظات كانت كلها مشوبة بالخطأ . فقد خلط بوفون بين الحييوينات المنوية وبين الحييوينات العادية الناتجة عن الأنبثاث او التسربات ، وعلى أساس هذا الاهمال الفادح بنى كل نظامه العظيم .

وحوالى 1760 ، ظن الفيزيولوجي الكبير السويسري البير دي هالر Albert de Haller ـ الذي مال في بادىء الأمر نحو التخلق التعاقبي أنه أثبت ، بملاحظاته حول بيضة الدجاجة ، إن البذرة تنتمي الى الدجاجة ، وإن نطفة الديك ، موجودة بصورة مسبقة قبل كل اخصاب . وقد سجل أنصار نظرية البويضات نقطة ، وانتصر شارل بوني انتصاراً صاخباً .

س . ف . وولف C.F.Wolff وبداية علم النطف الوصفي ـ إلا أن كل جهود أنصار « سبق التشكل » سوف تتلاشى من جراء عمل غاسبار فردريك وولف Caspar (1733-1794) Friedrich Wolff ؛ فقد تتبع وولف بصبر وأناة تحت المجهر نمو الفرّوج ، وبصورة خاصة ، تكون الأوعية الدموية ، ورآها تتشكل انطلاقاً من ثغرات محفورة في جدار البلاستولة . وقد لاقت استنتاجاته التي عرضها ضمن كتابه : « نظرية الخلق أو التوالد » (1759) تأييداً بعمل لاحق (التكون الداخلي De Formatione intestimorum) (1768) حيث بيّن بدون لبس أن أمعاء الفروج يتولد من شفرة (صفيحة) انفصلت عن القسم الأسفل من النطفة ، ثم تكورت بشكل ميزاب لتتسكر بصورة تدريجية بشكل أنبوب .

وإذا فالاعضاء ، ليست سابقة التشكل : إنها تتشكل بصورة تدريجية ، اثناء النمو . إن عملية التشكل التدريجي قد أثبتت .

وليس من الاسراف القول ان عمل وولف سجّل بداية علم النطف الوصفي . وعلماء الطبيعة بعد أن اجبروا على التخلي عن الفكرة الساذجة والكسولة فكرة سبق التكوين ، سوف يعكفون على التفحص الدقيق والتفصيلي لعمليات معقدة ومتنوعة هي الولادة النطفية الحيوانية ورغم ذلك ظلت مسألة تشكل الكائن مطروحة بشكل كامل تقريباً . فإذا كان هناك تخلق تدريجي (epigénèse) فعلي ، فهل يكتفي ، لهذا ، بنظام البذارات ؟ أليس للبيضة وللحييوين دورهما ؟

سنداً لوولف ، يتم النمو النطفي تحت تأثير قوة سرية (Vis essentialis) مكلفة بتنظيم المادة الحية ؛ وهنا يتاح المجال واسعاً أمام بوني ليعترض : « إذا لم يكن هناك تكوين مسبق في المادة التي تنظمها القوة الاساسية ، فكيف يمكن حمل هذه القوة على إنتاج حيوان بدلاً من نبتة ، أو على انتاج هذا الحيوان بدلاً من ذاك ؟ ثم لماذا تنتج القوة الاساسية ، في مكان ما عضواً ما بدلاً من عضو آخر ؟ »

لا شك أن دعاة التخلق التدريجي كانوا على الحقيقة ، عندما استندوا على الملاحظة المباشرة ، فأكدوا على التشكل التدريجي في النطفة ، ولكن إذا كان لا بد من تأويل هذا التكون ، فإنهم لا يمكنهم

التخلص من المأزق الا باللجوء الى مفاهيم غامضة عارية من كل قيمة تفسيرية : الجاذبية عند موبرتوي ، القالب الداخلي عند بوفون ، القوة الاساسية عند وولف . . .

سبالانزاني والدراسة التجريبية حول التخصيب (Fécondation) ـ دخل التوالد الحيواني مع البيولوجي الايطالي لازارو سبالانزاني Lazzaro Spallanzani (1729-1799) مرحلة جديدة ، لان هذا العالم ، الذي يعد من بين عظماء الفيزيولوجيين في عصره ، قد شرع بدراسة تجريبية للاخصاب عند بعض الحيوانات (الضفادع ، العلاجم) التي تؤهلها طريقة تناسلها (تخصيب خارجي) بصورة خاصة لهذا النوع من البحوث .

ورغم أن سبالانزاني Spallanzani قد ظنّ سنة 1768انه قدم ، بفضل ملاحظاته ، حجة قوية لصالح النظرية السبق ـ تشكيلية ، والبيضية ، إلا أنه يبقى ، نسبياً ، ذا عقلية ضعيفة في التنظير ، وقد حاول بشكل خاص أن يجمع الوقائع التي تجعله معرفتها متحكماً بالظاهرات المدروسة .

لقد جرب حول الضفدع ، وبدأ يتأكد بأن البيضات ـ التي ليست في نظره إلا شرغوفات، غير مرئية ، غير نامية ـ لا تنمو ابداً ان هي تركت ـ بعد سحبها من رحم (Uterus) الانثى ـ لوحدها ؛ ومن هذا يمكن الاستنتاج بثقة أن الاخصاب خارجي في هذا النوع ، كما استنتج سوامردام Swammerdam وروزل Roesel .

وبعد تسبيح هذه البيضات العذراء بالبذار ، فقد يمكن ، بدون شك ، احداث الاخصاب ، ولكن كيف يمكن الحصول على السائل المخصب ؟ من اجل هذا عمد سبالانزاني الى تزويج ضفادع اناث مع ذكور كساها بنوع من الاكياس الحفاظة ـ وهي تجربة حاولها عبثاً ريوميرونولي ـ وكما توقع ، وجد في الحفاظات ، بعد البيض بعض نقاط من سائل شفاف . فبلل به بعض البيوض العذراء ، رآها فيما بعد ـ وبفرح عظيم ـ تنمو وتعطي دويدات (يرقات) تشبه تماماً تلك التي تتولد من الاخصاب الطبيعي . وهكذا حقق أول عملية أنسال (تعشير = تخصيب) اصطناعي في المختبر ، وهي تجربة سوف تشكل منعطفاً في حوليات البيولوجيا . إن الانسال الاصطناعي للاسماك قد تحقق قبل ذلك بقليل على يد جاكوبي Jacobi (1763) ، وسنداً لبعض المؤلفين ، ان أنسال الخيول قد قام به العرب منذ زمن بعيد .

وبعد ذلك بقليل حقق سبالانزاني ، ضمن ظروف مراقبة وسيطرة لا غبار عليها ، الانسال الاصطناعي لدى الكلبة . وفي سنة 1790 ، طبقت الطريقة الجديدة من قبل ج هنتر J.Hunter على الجنس البشري (واعلن عنها سنة 1799) .

وقد جرب سبالانزاني ايضاً ، هذا الاسلوب في محاولات تهجينية ، كانت بالطبع غير مثمرة ، بين الهر والكلبة . ولكنه استغل تماماً اكتشافه ، وبشكل خاص لكي يحدد بوضوح ، ملحوظ تماماً ، بالنسبة إلى ذلك الزمن ، شروط الاخصاب لدى البرمائيات .

ويعود الفضل الى سبالانزاني ـ بتوجيه ونصيحة شارل بوني في أغلب الأحيان خلال عمله ـ

بجملة من التجارب الجيدة الخيال الجيدة في إدارتها وترابطها ، وعلى العموم ، في تفسيرها . فقد أوضح دور الغشاء الهلامي الذي يحيط بالبيضة ، وبين إمكانية تمييع ـ الى اقصى حد ـ البذار دون حرمانه من خصائصه الاخصابية ، كما درس المقاومات المتشابهة في البيض والبذار عند تغير درجة الحرارة ، واثر التجميد واثر مختلف المواد الكيميائية ؛ وقد جرب التدجينات المتنوعة عند آنورس Anoures وعند اورودبل Urodèlesالخ .

وبتجربة حاسمة هدم نظرية الاخصاب من بعيد (Aura Seminalis) : ان الاتصال المباشر بين البويضيات والمني ضروري أيضاً حتى يخصب هذا الاخير تلك .

وبين ان الخصائص الاخصابية في المني تزول عندما يصفى من خلال عدة أوراق نشاف . ومن هنا استطاع سبالانزاني ، وإن لم يؤخذ بالنظرية البيضية المسبقة ، لاول وهلة ، ان يستنتج ان الحييونات المنوية ضرورية لتخصيب البيضة .

وهذه الحييونات المنوية قد درسها بعناية ولمدة طويلة حوالى سنة 1770 . وكان يعرف أنها موجودة في كل مني طازج ، وإنها لا تتكون ، كما يزعم بوفون ، على حساب « خلايا عضوية » ؛ بل إن المسألة المتعلقة بدورها الاخصابي غير مطروحة بالنسبة إليه ، لانه ، مثل بوني لا شك أن البيضة ليست جنيناً ولا شرغوفاً يحتاج الى مبدأ إذكاء اوتحفيز يقدمه المني .

وهذا الانحياز للنظرية البيضوية هو الذي منع سبالانزاني من فهم احدى تجاربه الأكثر وضوحاً وهو الذي أوحى له ايضاً ، وبالمقابل ، بالمحاولات الاولى حول التوليد العذري الاصطناعي . ولأن المني لا يلعب إلا دوراً تحفيزياً ،فإن هذا الدور ألا يمكن أن يقوم به عامل فيزيائي مثل السائل الكهربائي أو مثل مطلق مادة مسحوبة من حيوان أو من نبات (سُمْ السمندل ، أو عصارة الليمون الحامض الخ) ؟ ولم يحصل سبالانزاني عن هذا الطريق ، على أية نتيجة ، ولكن الفكرة التجريبية ، وإن أوحى بها خطأ ، فقد ساعدته في المستقبل بحيث بدت عظيمة الجدوى .

IV ـ التجدد الحيواني

يرتبط بعملية الخلق الحيواني ، وبصورة مباشرة امر التجدد اي إعادة تكون الاجزاء المفقودة من جسم الحيوانات . فمنذ 1712 ، لاحظ ريومور ان السرطعون يعيد تجديد قوائمه عندما تكسر أو تقطع ، وقد وصف بعناية مراحل هذا التجدد .

تجارب ترمبلي Trembley ـ ولكن الاكتشاف المهم ، في هذا المجال كان اكتشاف ابراهام ترمبلي Abraham Trembley (1710-1784) الذي كشف في سنة 1740عن القدرات العجائبية التوليدية التجديدية لدى حيوان صغير جداً معروف في الحفر وفي المستنقعات هو : بولب Polype المياه الحلوة أو الهدرة . لم يكن ترمبلي الا هاوياً في التاريخ الطبيعي ، وبحكم أنه مجرد فضولي إهتم بادىء

الامر بهذه الدويبية . وقد شك في أن يكون امام حيوان أم أمام النبات ، فقطع بولبات Polypes ليرى هل بامكانها ان تتجدد من فسائلها ، مما يثبت طبيعتها الحيوانية . وبالفعل ، رأى أنها تتجدد ، وعندما دقق النظر ، وراقبها في حركاتها ، وفي طريقة غذائها وفي اسرها لطرائدها الصغيرة ، عرف أنها تنتمي الى عالم الحيوان ، وبعدها تابع بمواظبة بحوثه . واستمر على هذا طيلة أكثر من 3 سنوات . ووضع ببحوثه كتاباً سماه « مذكرة في خدمة تاريخ نوع البولبات في المياه الحلوة ، ذات الاذرع بشكل قرون » (1744) ، وأوكل التصوير الى ليوني Lyonet الشهير .

وأبرز ترمبلي Trembley في كتابه ان البولب اذا قطع الى اجزاء ، فإن كل قطعة تعيد تشكيل بولب كامل ، وأيضاً أن بولبين يمكن أن يندمجا أحدهما في الآخر ، وأخيراً أن بولباً واحداً ، دون أن يهلك يمكن أن يُقلب كما يفعل بأصبع القفاز .

واحدثت هذه التجارب ذات الالهام الاصيل والتنفيذ البارع ضجة بين علماء الطبيعة . فبعد التوليد الذاتي أو العذري في البراغيث جاء افسال البولب كعجيبة جديدة من عجائب الطبيعة . عجيبة سوف تساهم من جهتها في توسيع أفكارنا حول الحيوانية . وهناك عجيبة أخرى وهي القدرة على الانبعاث ، اكتشفها نيدهام Needham لدى الانقليسيات (الحنكليس) (1745) . وقد درسها سبالانزاني في الدولابيات الدودية وفي العناكب المائية المفصلية ذات الثمانية ارجل .

النقاش حول التجدد الحيواني ـ سرعان ما تأكدت اكتشافات ترمبلي من قبل باكر وريومور وآخرين[1] ، فجذبت الانتباه حول القدرة على التجدد الحيواني ، المنتشر أكثر مما يظن لأول وهلة . فقد كشف شارل بوني وجود هذا التجدد لدى بعض دودات المياه الحلوة . كما اكتشف سبالانزاني 1768 هذه القدرة عند دودة الأرض وعند الحلزون ـ الذي بعد أن يُقطع ، يستطيع أن يجدد رأسه وخطمه ومجساته وعينيه ـ وحتى عند سمندل الماء او التريتون ، الذي يستطيع أن يجدد ارجله الاربعة كاملة مع كل هيكليتها الداخلية وعظامها وعضلاتها وأعصابها . . .

وبصورة خاصة أثارت مسألة تجديد الرأس عند الحلزون نقاشاً حاراً . فتكون معسكران مؤيدٌ ومنكر . واشترك فولتير Voltaire في النقاش ، وأخذ يقطع رؤوس القواقع التي عثر عليها في بستانه في فرني Ferney .

وحول موضوع التجدد ـ كما حول موضوع الخلق أو التكوين ـ تجابه ، مرة أخرى الاسلوبان

(1) كان فولتير شكاكاً ، حتى من غير لزوم . فنازع في حيوانية البولب : « هل ثبت أن عديسيات المياه التي سميت بولب المياه الحلوة هي حيوانات حقاً . إني أشك كثيراً بعيني وببصري ، ولكني لم أستطع أبداً ، حتى الآن ، أن أرى في هذه البولبات إلا أنواعاً من الأسل الدقيق ، أخذت عن الطبيعة الأحاسيس . . . ومن المستحسن الشك أيضاً . . . أن الحقيقة لا يمكن إلا أن تستفيد من الإنتظار » (غرائب الطبيعة ، 1768) .

الاساسيان في تصور عمليات التكون العضوي : سبق التكوين ، أو التشكل المتتالي .

وأثار تجدد الاجزاء الناقصة نفس الصعوبات التي أثارها انتاج حيوان بأكمله .

ورأى شارل بوني ان لا وسيلة الى الهرب من فرضية « « البـذار » السابقة التكوين والتي لا تنوجد فقط في المبيضات بل في هذا أو ذاك من اجزاء الجسم .

وبصدد موضوع البولب ، حيث يمكن ، في كل الجسم ، أن يتم توالد جديد ، تكون البذار مزروعة في كل مكان . وجسم البولب مكون ، كما يقال « من تكرار ما لا حصر له من البولبات الصغيرة ، التي لا تنتظر لكي تظهر الى الوجود الا الظروف المؤآتية » .

أما التوالد أو التجدد الجزئي (كما عند الديدان) فالمسألة تطرح ما اذا هذا التجدد يتأمن بفضل بذار تتضمن كل عناصر الجسم ، وبعضها فقط ينمو ، أم بفضل بذار تحتوي فقط العناصر الوحيدة المدعوة الى النمو . حول هذا لا يقطع بوني برأي ، ولكنه يميل نحو فرضية القوة الجزئية :

« لا أرى اي مانع يحول دون افتراض وجود ـ في هذه الانواع من الديدان ـ بذار أجزاء سابقة وبذار أجزاء لاحقة . إن هذه الفرضية تبدو لي عرضة لمصاعب أقل من مصاعب نظرية تعطيل جزء من البذرة .

وفي رجل السرطعون ، يتصور بوني عفوياً وجود سبحة من البذار ذات طاقات تنازلية : « توجد في كل قائمة من قوائم السرطعون سلسلة من البذار تحتوي جزئياً اجزاء مشابهة للاجزاء التي تشاء الطبيعة استبدالها . وإني أتصور اذن أن البذرة الموضوعة عندأصل القائمة القديمة تحتوي على قائمة كاملة أو خمسة مفاصل ، وإن البذرة التي تليها مباشرة تحتوي قائمة ليس فيها إلا أربعة مفاصل . وهكذا بالنسبة الى الاخريات » .

وإنه بعد هذا وزيادة عليه ، يمكن للقائمة الجديدة ، بدورها أن تتجدد بعد القطع ، ومن الواجب تماماً الافتراض ان هذه القائمة ، الشبيهة بالقديمة في كل شيء « تحتوي ايضاً بذاراً مخصصة لنفس الاغراض ، وإن تراكب هذه البذار بعضها في بعض لا يخيف إلا الخيال » . وهنا أيضاً ، وكما يبدو ، يصطدم التفسير السبق ـ تشكلي ، الذي يستدعي بالتالي الفرضية الكارثية فرضية التراكب ، بمصاعب لا يمكن تذليلها . وقلما كانت هذه المصاعب أقل بالنسبة الى دعاة الخلق التدريجي الذين لا يستطيعون تفسير تجدد الاعضاء المفقودة الا بالاستعانة « بتكوين ميكانيكي » او باختراع قوى خفية في الخلق والتكوين ، من اجل دعم نظريتهم .

V ـ نشأة المسوخ

تعود الدراسة العلمية للكائنات الشاذة او الممسوخة ، في تاريخها ، الى النصف الأول من القرن الثامن عشر . في تلك الحقبة كانت المعتقدات المسبقة قد زالت تقريباً فيما يتعلق بدور الجن ، أو تدخل

الالـه في خلق المسوخ . وأصبح هؤلاء يُصنفون ويدرسون بدقة، سـواء في شكلهم الخارجي أم في بنيتهم الداخلية .

وجرت محاولات من اجل تصنيفهم ، وبدِىء بفهم جـدوى دراستهم من اجل فهم ظـاهرات النمو الطبيعي .

وفيها خص نشأتهم كان الرأي العام منقسماً بعمق ، إما لوجود الاعتقاد بوجود بـذار في أصلها مشوهة ، واما بتفسير المسوخية بتأثير أسباب عارضة (ضغط ، امراض ، انفعالات أمومية ، الخ ،) عملت وأثرت في النطفة اثناء نموها . وحول هذا الموضوع وقـع نزاع كبـير عرف تحت اسم « صـراع المسـوخ » ، حوالى 1740 ، أمـام اكاديمية العلوم في باريس : وهـذا النزاع تخـاصم فيه ل .ليميري L.Lémery ، وهو من أنصار الاسبـاب العارضـة ، مع ونسلو Winslow وهـو من أنصار « النشـأة العجيبة » . وهذا الجـدل ، الذي خـدم كثيراً علم عجـائب المخلوقات النـاشيء ، حين أجبـر علماء التشريح على تعميق دراسة البنيات غير الطبيعية ، استخدم كل أنواع الحجج ، والتي لم تكن فقط من النوع العلمي . فقد سمح خصوم البـذار الممسوخة لانفسهم باستخدام اللاهوت لمصلحتهم : أليس من المشين ومن الكفر الزعم بأن بذاراً مشـوهة أو ممسوخة يمكن أن تصدر مباشرة عن يد الخالق ؟

ومن المدهش أن الرأي المتكون حول خلق المسوخ كان الى حـد ما مستقـلاً عن الرأي المتكون حول اوالية التوالد .

وإذا كان بوفون وهو من أنصار نظرية الخلق التدريجي قد نازع حول وجود البـذار الممسوخة ، واذا كان هالر Haller وهو من المؤمنين بسبق التشكل ، قد اكد ، في كتـابه « المسـوخ » حقيقة هـذه البـذار ، فان بوني بالمقابل ، رغم ايمانه بسبق التشكل واصراره عليه ، كان من القائلين بالاسبـاب العارضة .

VI ـ الخلق المفاجىء

مسألة الحييوينات ـ بعد أعمال ريدي Redi واعمال فـاليسنيري Vallisnieri الـخ . بدت مسألة الخلق المفـاجىء شبه محلولـة فيها يتعلق بـالكائنـات المنظورة مثـل الديـدان والحشرات . ولكنها بقيت مطروحة وبشكل مزعج جداً ، بـالنسبة الى الكـائنات الميكـروسكوبيـة ، وبخاصـة « الى حييوينـات النقع » .

إذا تسرب الى الماء بذور نباتية أو أية مادة عضوية ، فبعد عدة أيام ، شـرط أن يكون الـطقس معتدلاً نوعاً ما، يتعكر السائل : واذا فحصت منه نقطة تحت الميكروسكوب تظهر فيه كميات لا حصر لها من الخلايا الحية تتراقص . وهذه الخلايا يستحيل عدم اعطائها اسم حييوينات .

من اين أتت ومن اين يمكن أن تأتي هذه المنفوثات أو النقيعيات من الكائنات الحية التي يمكن أن

تتشكل في كل مكان وبشكل مفاجيء وسريع ؟ هل هذه الكائنات انبثقت عن المادة الفاسدة بمجرد عملية خلق مفاجئة ؟ ام يجب القول أنها صدرت عن جراثيم غير منظورة ، موجودة في كل مكان ، ومستعدة دائماً لان تنمو ، بمجرد ما يتلوث المكان ؟ .

هنا أيضاً يقع خصام دعاة التكون التدريجي ودعاة الجراثيم : فدعاة التكون التدريجي قلما يرون صعوبات في أن تتكون الحييوينات بشكل ميكانيكي أو بفعل القوة الخفية ـ قوة إنباتية حسب قول بيدهام Needham مثلاً ـ على حساب عناصر موجودة في الوسط .

وبالعكس يرى أنصار الجراثيم ان هذا التكون غير ممكن وإنه كارثة بالنسبة الى الذهن . فهم يرفضون أن تعامل الحييوينات ، « كهجناء الطبيعة » أو لقطائها ، وإنها بسبب صغرها ، تستبعد من قانون الخلق الشامل الذي يعطي لكل كائن حي ابوين يشبهانه .

انصار الخلق المفاجيء ـ في معسكر الفجائيين وجد أمير المصورين الميكروسكوبيين (Micro graphe) و . ف . مولر O.F.Muller وهو اختصاصي كبير في النقاعيات كما وجد أيضاً بوفون Buf-fon الذي كان يزايد حتى حول الفجائية العادية ، لانه قال بالخلق الفجائي لا بالنسبة الى الكائنات الميكروسكوبية ، وبالنسبة الى قاطوعيات الطحين ودود الخل ، بل أيضاً بالنسبة الى الكثير من الحيوانات المرئية ، والعالية التنظيم العضوي نسبياً .

وهو يرى ، بهذا الشأن أن كل كائن حي مكون من خلايا عضوية : وعند موت اي حيوان كبير ، تتحرر هذه الخلايا وتنعتق وتنتج حيوانات صغيّرة : مثل دود الارض والدويبات والسُرفات والديدان على أنواعها أو حتى النباتات مثل الفطر .

وإذا كانت الخلايا العضوية في حيوان حي زائدة عن اللزوم ، فإنها تنتج في الحال التينيا ودور البطن والدنف والدود على أنواعه والبراغيث الخ . وليس في هذا أقل من العودة إلى أفكار أتاناز كيرشر . . .

كتب بوفون يقول « دلت تجاربي بوضوح أنه لا وجود مسبق للجراثيم ، وإنه بذات الوقت تثبت هذه التجارب أن خلق الحيوانات والنباتات ليس خلقاً احادي الطرف (Univoque) : ربما يوجد كائنات اما حية وإما نباتية ، كثيرة تتكاثر بفعل الاجتماع العرضي بين الخلايا العضوية ، بمقدار ما يوجد من حيوانات ونباتات يمكن أن تتكاثر بسلسلة متتالية وثابتة من الاجيال . . . إن الفساد والتفكك في الحيوانات وفي النباتات يحدث عدداً لا نهاية له من الاجسام العضوية الحية والنباتية » .

اعداء الفجائية ـ من بين المعارضين لنظرية الخلق الفجائي يقف ريومور وشارل بوني الخ : وكتب هذا الاخير يقول « ان الطبيعة الكاملة تتصرف ضد الاجيال الملتبسة الغامضة Equivoque . . . أنا أعلم أننا يجب أن نقف حذرين ضد القواعد التعميمية ، ويبدو لي اني اثبت ذلك بقدر الكفاية . ولكني أعلم أيضاً ان الاستثناءات يجب أن تبين وتثبت بدقة لكي تقبل ، خصوصاً

عندما تصدم القانون الأكثر شمولاً ، والاكثر ثباتاً والذي لا يتغير من بين كل القوانين التي نعرفها . . وعندما يُلجأ من اجل تفسير ظهور بعض الحييوينات في سائل ما الى القوى « المحدثة » او المنتجة ، وإلى القوى « الإنباتية » ، الا نضع الكلمات مكان الأشياء ؟

ما هي الفكرة المتكونة لدينا عن هذه القوى ؟ ، وكيف نتصور أنها تنظم المادة وإنها تحولها من خلايا غير حية الى كائنات حية ؟ لقد ضحكنا من ابيقور Epicure ، الذي بنى كوناً من الذرات : اما صنع حيوان من عصارة الخاروف ، الا يعني هذا خرق الفلسفة السليمة ؟ » .

تجربة نيدهام Needham وانتقاده من قبل سبالانزاني Spallanzani - يشير بوني ، عبر هذه الجملة الاخيرة الى تجربة حققها نيدهام Needham حوالى 1740 ، وكانت بعد التمحيص صعبة التأويل بالنسبة الى انصار الجرثومات . فبعد أن سد بالقطن أنبوباً يتضمن عصارة الخاروف ، سخن نيدهام الانبوب في رماد حار بشكل اعتقد أنه كافٍ لقتل كل الجراثيم التي كان يمكن أن تكون فيه . ولكن ، رغم هذا التسخين الذي يفترض به أن يؤمن ما نسميه اليوم بتعقيم السائل ، ظهرت فيه حييوينات بكثرة . اليس في هذا دليل على أنها تتوالد توالداً فجائياً على حساب المادة المبثوثة ؟ .

وقد انتقدت هذه التجربة بحدة ، بل وتعرضت للهزء من قبل خصوم الفجائية الذين أقاموا ضدها كل انواع الاعتراضات النظرية . ولكن كان لا بد من انتظار مجيء سبالانزاني حتى يرد النقاش أخيراً الى الصعيد التجريبي الذي لم يتركه النقاش بعد ذلك أبداً وفي حوالى 1770 أثبت سبالانزاني أن تجربة نيدهام تتضمن سبباً مزدوجاً للخطاء . أولاً ، ان الانابيب لم تسكر تماماً بالقطن . ثم أن زمن التسخين ودرجة الحرارة لم يكونا كافيين لتأمين القضاء على كل الجراثيم . وإنه اذا كررت التجربة في شروط مختلفة ، ومع اخذ الاحتياطات المتزايدة التي تتيح منع دخول اي جرثومة من الخارج ، فإن النتائج تكون مختلفة تماماً : فالسائل لا يتعكر ولا يعود مملوءاً بالحييوينات .

لا شك أن المسألة لن تحل بهذا الشكل ولكن نيدهام لم يعترف أبداً بالهزيمة أمام البيولوجي الايطالي . فناقش وخاصم قيمة التجربة المعدلة بهذا الشكل . وزعم أنه عند تحمية المادة المبثوثة والاسراف بذلك ، فاننا نقضي على القوة الإنباتية فيها ، وزعم أننا عندما نعذب الطبيعة « فاننا نجبرها على أن تستسلم خطأ » . فأجابه سبالانزاني بدوره بتجارب جديدة أكثر فأكثر دقة ، وأكثر فأكثر احراجاً لنيدهام والفجائيين .

وحتى عند هذا الحد لم تحسم القضية بوضوح . ولا يمكن أن تحسم في ذلك الحين ، حيث كان الجهل شبه شامل حول شروط حياة الحييوينات ، وبخاصة حاجتها الى الاوكسجين . ولكن إذا كانت تجارب سبالانزاني قد تركت حتماً بعض أسباب الخطأ فهي رغم ذلك لم تكن أقل صحة وجمالاً في مجملها : فقد كانت عبقرية في تصورها ورشيقة في قيادتها ، بالمقدار الذي يمكن أن تكون عليه من خلال المعارف والتقنيات المتوفرة ، فقد كانت مدارة بحس سليم وكانت تهدف إلى إثبات فرضية سوف يكشف المستقبل عن منتهى خصوبتها .

لقد كان تاريخ البيولوجيا كله في القرن الثامن عشر محكوماً بالجدل الذي كان يضع وجهاً لوجه أنصار سبق وجود الجرثومات (البذار) وأنصار الخلق المتتالي .

وهنا يوجد حقاً تياران اساسيان فكريان . وهذان التياران يتحكمان بموقف العقل تجاه ثلاث مسائل رئيسية في البيولوجيا : مسألة تشكل الكائن ، ومسألة تشكل الأنواع ، ومسألة تشكل الحياة .

لقد كان أنصار سبق وجود الجراثيم بالضرورة ضد الفجائية ، وكانوا عموماً ميالين الى ثبوتية قاسية . أما القائلون بالخلق المتتالي أو التكون المتتالي فقد كانوا فجائيين وكانوا عموماً ميالين الى تحولية واسعة نوعاً ما .

وقد لعب الطرفان دورهما في تقدم الافكار اذ نستطيع القول اليوم أن البيولوجيا قد أثبتت نظرية التكون المتتالي ، وحافظت بذات الوقت على فكرة الجرثومة العضوية ، وإنها اكدت على الفرضية التحولية ، مع الابقاء على ثبوتية تقريبية فيما يتعلق بالطبيعة الحاضرة ، وإنها اي البيولوجيا قد ثبتت اللافجائية ، مع عدم استبعادها إمكانية التشكل الفجائي في الحياة في ماض سحيق وبعيد .

الفصل الثاني :
الفيزيولوجيا الحيوانية

حض ليبنيز Leibniz ، وهو يحرر سنة 1700 نظام الجمعية العلمية في براندبورغ ، والتي ستصبح اكاديمية بروسيا المستقبلية ، حض هذه الجمعية في أعمالها على عدم إهمال العمل من اجل الفضول فقط : « إن على هذه المؤسسة أن تفكر بالعلم وبالتطبيق المفيد ، بآنٍ واحدٍ وذلك بتخيل اشياء يمكنها مجتمعة أن تشرف مؤسسها الشهير وتفيد الناس . ان عليها أن تجمع بين التطبيق والنظرية » .

والقرن الثامن عشر ، عصر الأنوار ، هو أيضاً عصر التقدم وبالدرجة الأولى تقدم التقنيات . وأعطاه ليبنيز معناه ، وبذات الوقت أعطى كلمة الأمر للجمعية العالمة التي سوف تنور هذا القرن ، بالمنافسة مع الجمعيتين اللتين يعود تاريخ تأسيسهما الى القرن السابق وهما الجمعية الملكية وأكاديمية العلوم .

عوامل جديدة في البحث ـ وبدا التجريب ، وبخاصة في الفيزياء والكيمياء ، مرضياً بالنسبة الى الحاجة المزدوجة : الاختراع والتطبيق . فالبحوث المتعلقة بالحرارة والكهرباء ، وتغيرات الحالة الفيزيائية ، والمؤالفات الكيميائية ، وتفكك المادة ، والاحتراق والتأكسد ، بعد تجاوزها ميدانها الاساسي الى ميدان الفيزيولوجيا ، قدمت لها حلولها ، وأثارت فيها مسائل جديدة . وهناك عوامل فيزيائية -جديدة ، والكهرباء خاصة ، استخدمت لوصل الضوء أو الحرارة كحدود مماثلة تفسيرية للقوى الحيوية .

إن تحديد مختلف أنواع الهواء اي الغازات ـ الكيمياء المسماة هوائية ـ قد اعطى محتوىً ايجابياً لمفهوم المبادلات بين الجسم العضوي والبيئة ،وجاء يضع حداً للخصومة، التي كانت حتى ذلك الحين نظرية خالصة، بين الاطباء الميكانيكيين والاطباء الكيميائيين ، لصالح هؤلاء الاخيرين . وأتاحت آلات جديدة في الفيزياء ، مثل الترمومتر او الكالوريمتر ، تحديد ثوابت بيولوجية جديدة . في سنة 1715 ، استطاع فهرنهايت ، وتبعه ريومور Réaumur سنة 1733،ان يحل الصعوبات التقنية التي أعاقت بناء ترمومترات حساسة وأمينة . وفي سنة 1780 استطاع لافوازيه Lavoisierولابلاس La- place بناء آلة الثلج التي تتيح قياس كميات الحرارة .

وإذاً لا مجال للعجب من أن ، باستثناء الدراسات حول وظائف الجهاز العصبي ، غالبية

الاكتشافات أو التحقيقات الايجابية للفرضيات الفيزيولوجية، كانت ، في القرن السابع عشر ثمرة أعمال ، إن لم يكن الهواة فعلى الاقل الباحثين الغرباء عن الطب ، أمثال هالز وبريستلي او لافوازيه أو ريومور أو سبالانزاني Hales, Priestley, Lavoisier, Réaumur, ou Spallanzani .

وبالمقابل بقي تعليم الفيزيولوجيا بالذات من اختصاص أساتذة الطب . وظلت كتب الفيزيولوجيا ، في النصف الأول من القرن على الأقل ، وتحت اسم مؤلفين سماهم دارمبرغ ونوبرجر Daremberg, Neuburger « الممنهجين الكبار » ، بورهاف Boerhaave (1668-1738) ، ستاهل Stahl (1660-1734) وهوفمان Hoffmann (1660-1742)، جزءاً متمماً من كتب الطب .ان « النظم الطبية » (1708) لبورهاف Boerhaave لم تغير عنوانها الى اسم « فيزيولوجيا » الا في سنة 1734في الترجمة الالمانية على ج . ب ابرهارد J.P. Eberhard ان هالر Haller وقد سبقه ف .هوفمان F.Hoffmann الذي ، بعد أن عالج الفيزيولوجيا في كتابه « الطب الاساسي » (1695) ، نشر « الفيزيولوجيا الاساسية » سنة 1718 ـ هو الذي اعطى أصلاً عنوان « فيزيولوجيا » لكتاب عرضت فيه وظائف الاعضاء مستقلة عن كل اعتبار لوصف الامراض والاستطباب (بريما لينا فيزيولوجيا 1747 ؛ المتافيزيولوجيا كوربوري هوماني ، 8 مجلدات ، 1757-1766) .

وتتكون لدينا إذاً فكرة غير كاملة تماماً لانها أكاديمية خالصة ، عن الفيزيولوجيا في القرن الـ 18 ، آخذين بالاعتبار فقط الكتب المعالجات أو الكتب الوسيطة المعتبرة في تلك الحقبة ، ويبدو غريباً أن يغفل كابانيس Cabanis ـ وهو يقوم بجردة في سنة 1804 لهذه الفيزيولوجيا الجديدة ـ أن يغفل الاشارة الا الى كتب وأعمال الاطباء فقط رغم أنه عرف كيف يرى في « العلوم الجانبية التي تقرضنا دائماً ، او اضواء مباشرة او أدوات جديدة » ، كيف يرى أحد أسباب تفوق الطب الجديد .

وفضلاً عن ذلك ، وأخيراً ، ومن اجل التقييم ـ في ضوء علاقات أخرى غير علم البيان والفلسفة ـ تقييم أهمية كلٍ من هذه الفيزيولوجيات المنهجية ، نضطر الى مقارنة كفاءات مؤلفيها خارج المجال الجامعي . لا شك ان احداً غير بورهاف لم يجتذب الى مدينته التي كان يعلم فيها ، وهي ليد Leyde ، العديد من الطلاب والاطباء بحيث توجب هدم جدرانها حتى يتم داخلها بناء مساكن جديدة . ولكن قد يمكن أن يكون ستاهل ، المنتقد بغير وجه حق يومئذ وبعده ، من أجل « احيائيته » ـ وهي ردة فعل سليمة أساساً ضد تجاوزات الميكانيكيين المضحكة ـ اكثر أهمية من بورهاف بسبب الاهام الكيميائي الخالص في نظرياته . والاهتمام الذي أولاه لتفاعلات التخمير جعل انتباه البيولوجيين مسلطاً على ظاهرات أقامت ، عبر أعمال ليبنغ Liebing وباستور Pasteur ، جسراً بين الكيمياء شبه المعدنية والكيمياء العضوية .

وفي الأساس ، وفي ظل ظاهرة تقدم الفيزيولوجيا ، بقي القرن الـ 17 والقرن الـ 18 متشابهين : فهما معاً عصر اكتشاف كبير ، اكتشاف هارفي Harvey ، الذي بدأ به القرن تقريباً ، في حين خُتِم باكتشاف لافوازيه تقريباً . الاول لم يُدخل نموذجاً ميكانيكياً الا لوصف ظاهرة في حين ان

الاكتشاف الثاني ادخل نموذجاً كيميائياً من اجل تفسيره . ان اكتشاف لافوازيه هو تاريخياً لاحق ولكنه علمياً ليس بالاقل .

ويجب ، على ما يبدو ، البدء خلافاً للعادة ، بجدول للفيزيولوجيا في القرن الثامن عشر ، مع الاشارة الى المعارف الايجابية التي يدين بها هذا العلم لمساعدة الكيمياء إياه .

I ـ التنفس

تطرح وظيفة التنفس مسألتين : مسألة ميكانيكية ، كيف يدخل الهواء الى الرئة ؟ والاخرى كيميائية ، كيف يقوم امتزاج الهواء والدم ؟

الاعمال الاولى ـ لقد تلقت المسألة الاولى جواباً مرضياً بصورة جزئية من بورلّي Borelli ، الذي بيّن عن وجود العوامل التي تنشط تغيرات حجم القفص الصدري في العضلات القائمة بين الاضلاع .

لقد اقترح ديكارت Descartes سابقاً في « كتاب الانسان » تفسيراً من هذا النوع . ولكن سوامردام Swammerdam استنتج منه ـ بتفسير خاطىء لهذه النقطة بالذات ، وإن انطلاقاً من المبدأ الديكارتي المتعلق بالحاجة ، في عالم ممتلىء ، الى المسار الدائري لكل حركة ـ نظرية تعطي لتمدد التجويف الرئوي الضغط المضغوط من الخارج ، على طبقات الهواء المجاورة للانف والفم . وبعد موشنبروك ودانيال برنولي وهمبرغر Musschenbroek, Daniel Bernoulli,Hamberger ، اقترح هالر Haller في كتابه « تشريح التنفس العملي » ، (1746-1747) تفسيراً صحيحاً لميكانيك التنفس وبصورة خاصة للفضاء المحيط بالرئة .

أما المسألة الثانية فلا تمكن الاشارة ، بين المحاولات الحلولية الكثيرة ، إلا الى المبادىء . فعلى اثر أعمال روبر بويلRobert Boyle(نوفا اكسبريمنتا 1669) اعتقد مايو Mayow،حوالى 1674ان تنفس الكائنات الحية يثبت في الجسم « روحاً » موجودة في الهواء ، يؤدي نفادها في فضاء مجاور ، الى جعل الهواء غير صالح للحياة . وقد ذكر برستلي Pricstley في كتابه « اكسبريمنتس اندا اوبسر فيشن. . . 1774-1777) ، تجربة من سنة 1771 وبموجبها ان النبتة ـ نبتة نعنع ـ تفرز ، تحت جرس مائي ، هواء مزوداً « بالفلوجستين » (الاوكسجين) مما يجعل اشتعال شمعة تحت الجرس ممكناً من جديد . وفي سنة 1775 أعلن برستلي أمام الجمعية الملكية ان هذا الهواء «المؤكسج» صالح للتنفس الحيواني (اذ اتخذت الفأرة كحيوان تجربة) .

اكتشافات لافوازيه Lavoisier ـ لم ينطلق لافوازيه ، في أعماله حول الهواء الحيوي ، حول المبدأ الذي يمتزج بالمعادن اثناء تكلسه ، لم ينطلق بخلاف ما سار عليه برستلي ، اي أن التجارب حول التنفس الحيواني كانت بالنسبة إليه ، في المقام الأول وسيلة تحليل واكتشاف ومماهاة مختلف أنواع

الغازات . وتأثير هذه الغازات على التنفس الحيواني كان في الأساس اختباراً في المجال الكيميائي يتعلق بفصل - تجريبياً - عناصر يفترض وجودها في الهواء الفضائي الذي سقط بذاته عن مقامه القديم كعنصر .

ولكن لافوازيه ، الاكثر منهجية من برستلي ، وبعد أن اجرى تجارب حول تنفس العصافير (1775-1776) والخنازير الهندية (1777)استطاع أن يقدم لاكاديمية العلوم سنة 1777مذكرة أولى « حول التغييرات التي تصيب الدم في الرئتين وحول عملية التنفس » .

ثم بعد مقارنة النتائج الكمية لقياس المبادلات الغازية اثناء التنفس بنتائج كميات الحرارة الصادرة عن خنازير الهند الموضوعة داخل كالوريمتر ثلجي ، عمم لافوازيه ولابلاس كل الملاحظات ، مؤكدين ، منذ 1780 ، ان التنفس ليس الا احتراقاً بطيئاً شبيهاً باحتراق الفحم . وكانا مخطئين عندما ردا التنفس الى احتراق الفحم فقط ، كما اعترف بذلك لافوازيه سنة 1785 في مذكرة حول « الفساد الذي يصيب الهواء المتنفس» ، حيث عرض التنفس كعملية ، مفعولها ليس فقط احداث الغاز كاربونيك ، بل أيضاً إنتاج الماء بفعل احتراق الهيدروجين . وقد اخطأ فضلاً عن ذلك ، عندما أشار الى الرئة كمكان وكموقع الاحتراق توزع منه الحرارة المنبثقة عن هذا الاحتراق ، مع الدم في الجسم .

وأخيراً استطاع لافوازيه - وهو يتمرن مع سيغين Seguin على القياسات التجريبية الأولى حول قدرة الطاقة البيولوجية البشرية (وقد قدم سيغين نفسه كموضوع تجربة) - ان يلخص الاعمال التي عرضتها « المذكرات » : « حول تنفس الحيوانات » (1798) وحول « عرق الحيوانات » (1790)ضمن بيان بشكل مبدأ ، كثيراً ما ورد ذكره :

« عند مقاربة هذه النتائج من النتائج التي سبقتها ، نرى ان الآلة الحيوانية هي محكومة ، بصورة رئيسية بثلاثة منظمات رئيسية : التنفس الذي يستهلك الهيدروجين والكربون والذي ينتج الكالوريك (الحرارة الجسدية) ؛ العرق الذي يزيد أو ينقص بحسب ما إذا كان من الضروري حمل كثير أو قليل من الكالوريك ؛ وأخيراً الهضم الذي يقدم للدم ما يخسره بفعل التنفس أو العرق » .

فكيف يمكن ، بهذا الشأن ، عدم الاحساس بأن لافوازيه - وهو الجيولوجي والكيميائي بالتكوين والممارسة - قد عرف كيف يرى في الظاهرات التي يعالجها بالكيمياء ، سمة أساسية في الكيان الحيواني هي وجود وظائف تنظيم . ففي حين أن كل معاصريه من الاطباء اكتفوا بإبراز غائيتها مستعْملين ومسيئين استعمال الحكم الأبقراطية ، نرى لافوازيه يقيس أثارها المتأرجحة بكل الدقة المتاحة له يومئذٍ ، ثم امساكه فيها بضرورة الحفاظ على الثوابت البيولوجية التي ما زالت اواليتها تفوته .

وإذا كانت اكتشافات لافوازيه تتحول بالحال ، في فكره ، الى تطبيقات متعلقة بالعناية الصحية بقاعات المستشفيات أو الابنية المعدة كسجون واصلاحيات ، فإنه يجب أن لا نغفل أهميتها على صعيد النظرية الفيزيولوجية وحتى على صعيد الفلسفة البيولوجية . وقد وضعت هذه الاكتشافات حداً لنقاش

طويل حول أسباب الحرارة الحيوانية . وحتى لا نذكر إلا المؤلفين الاكثر حداثة ، إذا كان كيميائيو القرن 17 ، أمثال هلمونت اوسلفيوس Helmont ou Sylvius ، قد عبروا عن الحرارة الحيوانية ، الاول بتخمير في القلب ، والثاني بالمزيج الفوار بين الدم الوريدي والكيلوس فإن ستاهل بالمقابل ، المعتبر بحق احد تلاميذهم ، لم ير في هذه الظاهرة إلا المفعول الميكانيكي للخلط وللاضطراب الذي يحدثه التنفس في الدم ، مفعول يزداد بفعل القوة المطاطية التوسعية للهواء المتنفس . ومال هالر نحو تفسير مماثل ، ملزماً نفسه بالاعتراض بأن الاحتكاك وحده غير كاف ، في حالة الماء ، لرفع درجة حرارته الى نقطة شبيهة بدرجة حرارة الدم . وقد اعتبر ، في جميع الأحوال ، إن القلب وبقية الجسد غير قادرين على احداث الحرارة ، بدون معونة الرئتين . وهكذا يتبين أن لافوازيه اعطى الحق لكل الذين ، منذ الايونيين ، كانوا يشبِّهون ميتولوجياً الهواء بالنار ، النفس واللهب ، ضد جميع الذين كانوا ـ منذ ديوكليس الكاريستي Dioclès de Caryste ـ يعتبرون الهضم المصدر الداخلي للحرارة الحيوانية ، أو الذين كانوا ـ على اثر ارسطو ـ يقولون بوجود حرارة ذاتية داخلية مركزها القلب ، وإنها تصد وتعدل بالمفعول المبرد للتنفس . وبدت الكيمياء الجديدة الهوائية ـ وهي تحطم عدة خرافات كالورية واحيائية متعلقة بالنار الحياتية ـ اكثر تساهلاً بالنسبة الى واحد منهم[1] .

مقام الحرارة الحيوانية ، أعمال سبالانزاني Spallanzani

ولكن نهاية النقاش حول أسباب الحرارة الحيوانية اخذت تتطابق مع بداية نقاش حول مكان هذه الظاهرة . وقامت صعوبات اثارها اقتراح لافوازيه ومفاده ان اكسدة الكاربون والهيدروجين الدمويين تتم في أوعية الرئة ، بفعل الاوكسيجين في السائل الهيدروكربوني المفروز في هذه الاوعية . وقامت اعتراضات قدمها ، سنة 1791 ، جان هنري هاسنفراتز Jean-Henry Hassenfratz ، مساعد سابق للافوازيه اصبح تلميذاً للرياضي لاغرانج Lagrange ، الذي يعود اليه فضل تصورها . فإذا كانت كل حرارة الجسم تتحرر بدءاً عند مستوى الرئة ، فكيف يمكن لهذا العضو أن لا ينشف أو على الاقل كيف يمكن لحرارته أن لا تكون ارفع بكثير من حرارة بقية الاعضاء ؟ أوليس من الاكثر احتمالاً ، بالعكس ، أن تتحرر الحرارة الحيوانية ، في كل أقسام الجسم حيث يتوزع الدم ؟ بحسب لاغرانج ، يتعبأ الدم الرئوي ، عند تماسه بالهواء المتنشق ، بالاوكسيجين الذائب الذي يعطي امتزاجه بالكاربون والهيدروجين الدمويين الغاز كاربونيك والماء المحررين ، عودة في الهواء المزفور . هذا التفسير الصحيح ـ مع التحفظ بشأن القول أن الاكسدة لا تحدث في الدم ، بل ضمن الخلايا بالذات ـ يجب أن ينتظر التأكيد عليه تجريبياً حتى سنة 1837 ، عندما نجح غوستاف ماغنوس Gustav Magnus ، باستعمال المضخة الزئبقية ، في اكتشاف وجود الغاز الحر في الدم الوريدي والدم الشرياني . وضمن نفس ترتيب الافكار كشف نشر (بعد الوفاة من قبل جان سينبيه Jean Senebier) « مذكرات حول التنفس » (1803) ، ان سبالانزاني (1729-1799) قد كرس السنوات

(1) راجع باشلار Bachelard علم نفس النار ، فصل 5 : « كيمياء النار ، تاريخ قضية خاطئة » .

الاخيرة من حياته للتجريب المنهجي حول شروط التنفس لدى اللافقريات والفقريات ، ضمن خط أفكار لافوازيه ، وقرر سبالانزاني ، سنداً لآلاف التجارب ، إن الاعضاء كلها ، وكل الانسجة هي التي تمتص الاوكسجين وتفرز الاسيد كاربونيك ، وان امتصاص الجلد للاوكسيجين ، عند البرمائيات والزواحف ، قد يتجاوز في الزخم الامتصاص عبر الرئات ، وباختصار ان الرئة عند ذوات الرئات من الحيوانات ، هي عضو تعبير وليست عضو ممارسة وظيفة متمادية تشمل الجسم بأكمله . وقد وضع سبالانزاني ـ وهو يفصل بتجاربه الوظيفة التنفسية عن وجود الاعضاء الرئوية ، وبشكل أفضل من لافوازيه ، وبفضل طرقه في الفيزيولوجيا المقارنة ـ أسس فيزيولوجيا عامة .

II ـ الهضم

رأينا ان لافوازيه حسب الهضم من بين منظمات الآلة الحيوانية . فكان من الطبيعي اذن ان يقترح على نفسه درسه . ونعرف أنه في سنة 1791 أعلن عن « مذكرات آتية » حول هذا الموضوع . ولكن لا شيء في سجلات أعماله ، المتوفرة لدينا ، يتيح القول ما إذا كانت التجارب حول الهضم قد تمت بالفعل . إن أعمال سبالانزاني حول هذه النقطة والسابقة لبحوثه حول التنفس ، ليست مدينة بشيء الى لافوازيه ، بل الى ريومور .

النظريات المختلفة ـ انقسم تفسير ظاهرات الهضم ، في النصف الأول من القرن الثامن عشر ، الى مدرستين ، وبالتالي الى ذريتين ، مدرسة الطب الميكانيكي ومدرسة الطب الكيميائي . لقد رد بورلي Borelli ، في القرن السابق ، الهضم الى عمل ميكانيكي ، تحللي عظيم الدقة ، وتشكل عملية المضغ فيه المرحلة الاساسية . وقد اثبت ، برفقة ريدي Redi ، القوة الميكانيكية للتفكيك المتطور بالحويصلة (القانصة) العضلية عند الدجاجيات ، واقترح بيتكرن وهيكت Pitcairn, Hecquet تفسيرات مماثلة . وكانت هذه النظريات كلها تتعارض مع نظريات الكيميائيين . لقد علّم فان هلمونت Van Helmont (Sextuplex digesto, alimenti) إن الهضم يتم في المعدة ، بتأثير خميرة آسيدية لا تنتجها المعدة ولكنها تتلقاها من الطحال . وتتدخل خمائر أخرى فيها بعد ، مثل خميرة المرة (المرارة) ، وخميرة الكبد . وأشار ستارلن Starling ، أنه في الحقبة التي كانت فيها الصفراء وحدها معروفة بأنها إفراز يصب في الجهاز الهضمي ، كانت فرضية فان هلمونت بالواقع أقل استحالة مما يبدو : وعندما اكتشف ستينون Sténon القناة المفرزة للنكف (أو إفرازات الغدة النكفية [تحت الاذن] (1662) وربط بعمل هذه الغدة انتاج الريق ، استطاع سيلفيوس Sylvius ان يعتبر (1663) ، وبدون تجاوز ، الهضم كظاهرة كيميائية تحت تأثير العصارات من نمط اللعاب . وهو تفسير ايده اكتشاف العصارة البنكرياسية ، عندما اجرى دي غراف De Graaf ، تحويل القناة البانكرياسية عند الكلب الى الخارج . (1664) .

في القرن الثامن عشر مزج بورهاف هذين النوعين من التفسير . فرأى في الهضم ظاهرة

ميكانيكية (علك ثم تقلص معدوي)، تنتهي بعملية كيميائية في تذويب وتحلل بتأثير من اللعاب ومن العصارة المعدوية .

ولكن بحسب بورهاف ، وخلافاً لرأي فان هلمونت ، تبدو حموضة (اسيدية) العصارة المعدوية هي الأثر وليست سبباً في الهضم . إن الأثر الكيميائي للاطعمة بعضها على بعض قد انطلق بفعل البقايا الباقية من الهضم السابق .

وحرص هالر ، تلميذ بورهاف ، على أن يبين في المعدة وجود نوع من الآلة (« آلة بابان Papin ») وهي مسخن حيث تمرث الاطعمة ضمن ظروف مجتمعة من الحرارة والرطوبة والتهوئة . فالحرارة تعمل على تحلل الاطعمة ، ولكن اللعاب والعصارة المعدوية « وكلها سوائل تميل الى القلوية » تمنع الأطعمة من أن تتحمض تماماً . « وإذن لا يوجد في هذه الامكنة ، أي نوع من الخمائر ، يتعارض مع صفة هذه السوائل ومع غايات الطبيعة » . لا شك ان هالر يدخل بين الأسباب العمل الميكانيكي لتقبض عضلات المعدة ، ولكنه لم يلاحظ في هذه الحركات شيئاً يشبه الهرس كما يحدث لدى الطيور آكلة الحصى المحرومة من الاسنان . وعلم هالر ان الصفراء تقضي على الحموضة الطبيعية في الاطعمة المهضومة من قبل المعدة ، وتحضرها بصورة أفضل للتحلل وتحفز التمعج والتقبض المعدوي ، وإن العصارة البنكرياسية تميع الصفراء وتقوم بوظائف شبيهة بوظائف اللعاب . ويعرض هالر وجهات نظره (المانتا فيزيولوجيا ، مجلد 6) ، وفقاً لطريقته المعتادة ، راداً تعددية التفسيرات المقترحة من قبل كتاب آخرين ، ولكن ، وكما حصل له أكثر من مرة ، دون أن يرى في أي منها زوال كل الأخريات . ولهذا اقتيد الى ذكر أعمال ريومور وامتداحها دون أن يعطيها اية أهمية خاصة .

تجارب ريومور Réaumur ـ كان ريومور قد اشتهر سابقاً بـ « مذكرات في خدمة تاريخ الحشرات » ، ونشر سنة 1752 ملاحظاته « حول هضم الطيور طعامها » ، ولكي يقرر بين ثلاثة أنواع من التفسيرات المقترحة : الهرس الميكانيكي ، والتحلل ثم التذويب بالعصارة المعدوية ، تخيل ريومور بعبقرية استعمال سلوك تجشؤ الصقر فبَلَّع (ثم استرجع بناء للطلب) احد طيوره ، أنابيب صغيرة من المعدن المثقب تحتوي على مختلف من الاطعمة . ولم تظهر الاطعمة المجشأة اي اثر للتحلل وهضمها ، المتقدم نوعاً ما ، قد تم بمعزل عن الافعال الميكانيكية العضلية ، واحتوت الانابيب الحامية آثاراً من سائل مغشى متلألىء، مذاقه حاد . وإذا كان هذا السائل المذيب للحوم ، لا للعجائن ، هو السبب الفعال في الهضم ، فبأي مذيب كيميائي معروف يمكن تشبيهه ؟ وإذا كانت السببية الكيميائية هي العامل الحاسم في العملية فهل بالامكان ملاحظة مفعولها خارج المعدة ؟

وقد ابلع ثم استرجع من صقره بالتجشؤ قطعاً صغيرة من الاسفنج وحصل على بعض النقط من السائل ، بالعصر ،ثم حاول ريومور أن يستثير هضماً اصطناعيا . وإن هو لم يتوفق الى ذلك أولاً ، إلا أنه على الاقل حصل على الضمانة بأن الهضم ليس جبلاً ، ولما مات صقره ، استعمل ريومير حيوانات أخرى من بينها كلبة وبط . واستنتج من تجاربه وجود عمليتين مختلفتين في الهضم ، عملية الطحن

الميكانيكي لدى آكلات الاعشاب وآكلات الصخور ثم عملية التحليل الكيميائي لدى آكلات اللحوم . وكانت نتيجة التجارب سلبية بشكل خاص . فالعصارة المعدية لا تؤدي أو لا تتسبب بفساد الطعام بل بمنعه . ولم يتوصل ريومور إلى تحديد طبيعة هذه العصارة بشكل دقيق وإلى القول ما إذا كانت هي الشرط الاساسي والكافي للهضم ولكنه حصلت لديه الفكرة الأولى عن تقنية تجريبية : هي الهضم المصطنع ضمن الزجاج In Vitro .

ما قدمه سبالانزاني Spallanzani ـ هذه التقنية هي التي استغلها سبالانزاني الذي أخذ يعيد التجارب التي قام بها ريومور، لحسابه الخاص . وهنا ضاعف أيضاً سبالانزاني ـ متحضراً بدراساته كعالم طبيعي ، لمعالجة مسائل فيزيولوجية بحسب الطريقة المقارنية ـ تجاربه على الحيوانات الاكثر تنوعاً ، قبل أن يتخذ نفسه بنفسه كموضوع تجربة . ولكي يحصل على العصارة المعدوية بلع الحيوان اسفنجات صغيرة كان يستخرجها فيما بعد أو أنه كان يفتح معدة الطيروهو صائم . وهو أول من نجح في اجراء هضم اصطناعي بأن وضع تحت ابطيه طيلة يومين أو ثلاثة أنابيب تحتوي ، مع العصارة المعدوية اللحم والقمح المهروس . واستطاع بالتالي ملاحظة ذوبان هذه الاطعمة من دون أي فساد . وحول هذه النقطة الاخيرة أيدت استنتاجاته استنتاجات ريومور . ولكنه اضطر الى مناقضتها فيما يتعلق بالفرق المفترض بين نمطين من الهضم، الهضم الميكانيكي والهضم الكيميائي ، والوظيفة الهضمية لدى آكلات الصخور كما لدى آكلات الحشائش تقتضي وجود العصارة المعدوية . وعلى كل حال وحول نقطة مهمة ، لم يقل سبالانزاني أكثر مما قال ريومور . وهو لم يقطع بأمر طبيعة العصارة المعدوية بل إنه لم يتوصل الى اكتشاف حموضتها . وكرميناتي Carminati هو الذي سوف يؤكد على حموضة العصارة المعدوية (بحث حول طبيعة العصارة المعدوية ،ميلانو 1785) ، وكان لا بد من انتظار بروت Prout من اجل تحديد الاسيد كلوريدريك في العصارة المعدوية (1834) .

نشير أن ستيفنس Stevens من ادنبرة ، قد نشر سنة 1777 تحت عنوان « وصف فيزيولوجي للاطعمة . . »ـ وذلك بآن واحد تقريباً مع المذكرة الأولى التي وضعها سبالانزاني (أو بيسكولا ديفيسكا انيمالي وفيجيتالي ، 1776) ـ نتيجة البحوث التجريبية حول الهضم عند الانسان . ولكن ستيفنس بخلاف سبالانزاني جرب على الانسان وذلك حين عالج مهرجاً فقيراً يبلع الحصى ، كما فعل ريومير في صقره وسبالانزاني في دجاجه .

وكان من الملحوظ ان وظيفة المعدة في الهضم هي التي درست قبل كل شيء ، بصورة وضعية في النصف الثاني من القرن الثامن عشر . أما الطريقة ، فقد ظلت البحوث حول الهضم وصفية خالصة ونوعية اجمالاً . وكان المطلوب عزل الاسباب ، من اجل الانتقاء بين عدة تفسيرات ، بدلاً من قياس آثارها . وهنا يكمن الفرق الكبير مع أعمال لافوازيه فيما خص التنفس . وقد رفعت هذه الاعمال الميزان وهو آلة الكيميائي الى مرتبة المفهوم الفيزيولوجي . ووراء جفاف الميزانيات المتعلقة بالطاقة ، ووراء تجريد أحد قوانين الحفظ ظهرت سريعاً مفاهيم الايضية Métabolisme في الجسم الفردي ، والميزان الحيوي في القشرة الحية التي تحيط بالارض ، وبدون أن يقصد وبفعل سخرية تاريخ العلوم

خلّص لافوازيه الكيميائي ، من تهمة الاسراف والتطرّف ، الطبيب الشهير ، صاحب الميزان ، بابا المطببين الميكانيكيين ، سانتوريو Santorio .

III ـ الدورة الدموية

لم ينفك الطموح الى تحديد ، عن طريق القياس والحساب ، قوانين الظاهرات الفيزيولوجية ـ لم ينفك يحفز البحوث لدى دعاة الطب الميكانيكي ، الملقبين أيضاً وبحق المطببين الرياضيين . وكان هذا هو التبرير الأقل عرضة للشكوك في مزاعمهم أو مسلماتهم . فدورة الدم وتقبض العضلة قد استلفتا على الدوام وبصورة انتقائية انتباه الاطباء من هذا الاتجاه .

وهذه المشاكل لم تكن نظرية فقط . وحلولها الممكنة تهم أيضاً الممارسة الطبية العملية والجراحية ، وبصورة خاصة السلوك الواجب اتباعه في اجراء الفصد . وليس من المستغرب إذاً أن يرتئي أطباء مثل فرنسوا كيسني François Quesnay (1694-1774) وكلود لوكات Claude Le Cat (1700-1768) ، أو مهندسون مثل فوكانسون Vaucanson (1709-1782) ، وان يعدوا بناء تشريحات متحركة ، اي في هذه الحالة الات هيدرولية كنماذج ميكانيكية لظاهرات دورة الدم ـ وأيضاً للهضم ، وعلى العموم للوظائف الرئيسية ، في الجسم الحيواني[1] .

القياسات الاولى ـ لخص هارفي Harvey في كتابه « موتوكوردي » ملاحظاته كعالم تشريح ، وملاحظاته كمشرح حيوانات حية . ولم يدخل حساب وزن الدم المدفوع من قبل القلب إلا ليقوي موقفه الرافض للقول بأن مثل هذه الكمية من الدم تفرز باستمرار من قبل بعض الاعضاء الداخلية وإنها تتشتت وتضيع عبر الجسم . وقد لاحظ بوريلي Borelli ، أولاً ، في الوظيفة الدورانية ، عندما ثبتت وبرزت ، وجود ظاهرة متميزة من أجل تطبيق قوانين الميكانيك الهيدروليكي . ونتيجة لذلك ، فقد حاول أن يحسب قوة التقبض السيستولي في القلب . وبعد أن قرر أن قوة التقبض في عضلة ما تتناسب مع حجمها ، وبعد أن قدر أن حجم القلب الانساني يساوي حجم العضلة الماضغة وعضلة الصدغ مجتمعتين ، وبعد أن قاس قوة التقبض بالوزن الذي يعادلها ، عندها حدد بوريلي لـ 3 آلاف ليبرة رومانية (ليبرة تساوي 327,45 غرام) قوة تقبض القلب . أما الضغط الطارىء على الدم فقدره بعد حسومات محسوبة وموزونة بـ 135 الف ليبرة .

وفي بداية القرن خصص جامس كيل James Keill (1673-1719) ، في كتابه تنتمينا مديكو فيزيكا 1718 ، خصص ثلاثة بحوث بمسائل كمية الدم وسرعة الدم وقوة القلب وقدر وزن الدم عند الانسان الذي يزن 160 ليبرة بـ 100ليبرة ؛ وقدر الطريق الذي يقطعه الدم في الشريان الاعور لمدة

(1) راجع حول هذه المسائل دراسة آ. دويون A. Doyon ول. لياغر L. Liaigre ، « جاك ڤوكونسون Jacques Vaucanson ميكانيكي موهوب » ، باريس ، المطابع الجامعية الفرنسية ، 1966 (فصل 7.6.5) .

ساعة بـ 5,23 قدم(اي 1,60 متر) تقريباً . وقدر قوة القلب بحوالي 12أونصة (340غرام تقريباً)[1] .

« هامستاتيك » **ستيفن هال Stephen Hales** - **(توازن الدم في الاوردة)** - كان هال مجرباً بارعاً ورجل دين متحمّساً. ونشر في المجلد الثاني من كتابه « محاولات احصائية » الذي عنوانه هامستاتيك (لندن ، 1733 ، ترجمة فرنسية مع إضافات من قبل بواسيه ديسوفاج Boissier de Sauvages 1743)، نشر مداخلة مهمة في الميكانيك الدوراني. وقد سبق له أن قام بأعمال مهمة في البوتانيك الرياضي . وكتابه فيجتابل ستاتيكس 1727 يتضمن إعادة اجهزة بناها بنفسه من احل قياس تغيرات الضغط في جذور الاشجار وأغصانها. وكان من الطبيعي إذاً أن يسعى هال الى قياس ضغط الدم في الأوعية الدموية كذلك ، مستخدماً مانومتراً مصنوعاً من أنبوب طويل من الزجاج ، موصولاً بأنبوبة مرة بعرق الوداج تحت الحنك ، ومرة بالشريان الثباتي في الرقبة أو في الشريان الفخذي في الحصان والكلب والنعجة . وأثبت ان ضغط الدم مختلف في الشرايين عنه في الاوردة (في الحصان يرتفع الدم 9 اقدام - 2,8 متر تقريباً - في الشريان الفخذي ، 15بوصة - 38سنتيمتر تقريباً - في الوريد العنقي) وإن هذا الضغط يتغير بحسب انقباض القلب وتمدده (السيستول والدياستول) . وإنه يختلف بنوع الحيوانات ، وإنه هو ريازة لحالة القلب .

وكل المؤرخين في الفيزيولوجيا يتفقون على أن همستيك هال (توازنات الدم في الاوردة) ، تمثل مع الأخذ بعين الاعتبار تلمسات بوريلي وكيل ، العمل الوحيد والمهم حول فيزيولوجيا دوران الدم ، قبل أطروحة جان بوازيو Jean Poiseuille : بحوث حول قوة القلب الاورطي 1828 اي طيلة قرن من الزمن .

وعرف هالر أعمال هال وذكرها ولكنه اعتبرها كتطور لافكار بوريلي Borelli ، دون أن ينجح في أن يرى فيها جدة فكرة الضغط الشرياني .

المكملون أو المتابعون - إن أهمية وأصالة بحوث هال يجب أن لا تغطي مكانة أعمال البحوث التي عملت فيما بعد وتبعاً لنتائجها ، على تقدم الحل بالنسبة الى مسائل توازن الدم وتحركه ، وصاغ برنولي Bernoulli ، وهو استاذ تشريح في بال من 1733 الى 1751 ، لاول مرة مبدأ حساب صحيح للعمل القلبي ، كنتيجة لوزن الدفقة البطينية بمقدار الانتقال الانقباضي (السيستولي) ؛ واضيفت اليها أعماله حول السيلان المقارن للسوائل في الانابيب الجامدة والاوعية الحية (هيدرو ديناميكا ، 1738) وعاد تلميذه - دانيال باسافان Daniel Passavant (دي في كورديس 1748) ، انطلاقاً من معطيات هال حول الضغط الدموي - الى حساب العمل القلبي فاقترب من المعطيات المقبولة حالياً .

---

(1) من المقبول اليوم أن كتلة الدم تساوي ثلث وزن الجسد البشري . وأن سرعة الدم هي 50 سنتيمتراً في الأعور ، وأن العمل الذي يوازي فيضان أوموجة البطين الأيسر هوا 0كيلوغرام متر .

ومنذ آخر القرن السابع عشر طرحت بصورة خاصة ، مسألة أسباب حركة الدم في الاوردة ، وفي الاوعية التي ليست ذات ارتباط مباشر مع الشرايين . وانكر بورلي على القلب ، رغم اعترافه له بالقوة ـ قدرته على دفع الدم في الاوردة . من هنا أهمية الملاحظات الأولى التي قام بها مالبيجي (1661) Malpighi وليوِنهوك Leuwenhook (1690) ، بعد أن طبق الميكروسكوب على أغشية احشاء الضفدع وعلى ذنب الشرغوف (الضفدع الصغير) لمعرفة الدورة الدموية في الشعيريات . وقام كوبر Cowper باجراء مراقبة مماثلة لاغشية احشاء هر (1697) . وهالر (موتو سانفينيس 1752) هو الذي مدد قوة القلب بصورة نهائية وحتى الشعريات ، وذلك بمراقبة توالي النبضات ضمن الشرايين والشعريات ، وأتاحت له نظرية اللاانفعالية ـ كما لستاهل عقيدته حول التحظر بـ قوة تقبض العضلة] ـ ان يعطي غلاف الاوعية الشعريه ، السببية الاضافية للحركة الدموية الموجودة في هذه الاوعية . وقدم سبالانزاني لهذه المسألة مساهمة مهمة عبر مذكراته « حول الدورة الدموية الملحوظة في اجمالي النظام الوعائي » ، «حركات الدم مستقلة عن عمل القلب»، « نبضات الشرايين » (1773)[1] .

IV ـ التقلص العضلي

ربما ، أكثر من دورة الدم ، تعرض التقلص العضلي ومفاعيله : توقف ، نقل ونشاط الجسم الحيواني لتشمله ، فيزيولوجياً ، مفاهيم الميكانيك وقواعده . وقد شبه ارسطو ، في دراساته حول حركة الحيوانات ، طرف الحيوان المفصلي بآلة رفع او دفع . وأوصل التشبيهُ الديكارتي للحيوان بالآلة المقارنة الارسطية الى احجام وابعاد النظرية . ومن جهة أخرى ، كان من المقرر كلاسيكياً منذ أن أثبت اراسيسترات Erasistrate ، وغاليان Galien ، الشلل العضلي على أثر ربط العصب المقابل ، أن يفسر تقلص العضل بتدفق الأرواح الحيوانية اليه آتية عبر العصب انطلاقاً من المركز الدماغي .

تلك هما ، في بداية القرن 18 ، الفكرتان الرئيسيتان الموجهتان في علم الاعصاب ، فيما يتعلق بالمفاعيل القابلة للقياس ، بالنسبة الى التقلص وأسبابه . ولكن ، بخلال القرن ، كان تطور الفرضيات الفيزلوجية مرتبطاً ، بالطبع ، بتقدم التشريح ، ليس فقط فيما يتعلق ببنية العضلة ، بل وأيضاً ببنية العصب والمراكز العصبية . وفي هذا افضل بيان عن الفكرة المتكونة ، يومئذٍ ، عن عمل الفيزيولوجي : تحريك التشريح ، بحسب تعبير هالر (فيزيولوجيا ، آناتوميا آنيماتا) . فضلاً عن ذلك ان هذا التطور مرتبط باتخاذ مواقف عامة ، فيما يتعلق بنماذج التفسير في البيولوجيا : الميكانيك او الكيمياء ، كما قبلا في نهاية القرن الماضي .

---

(1) لقد سبقت الترجمة الفرنسية لهذه المذكرات على يد توردس Tourdes (1800) بنبذة عن الحياة الأدبية لسبالانزاني ، نبذة هي ، مع الإشارة بسبالانزاني من قبل جان سينيبيه Jean Senebier ، خير مصدر إعلامي حول هذا العالم . راجع كتاب جان روستان Jean Rostand : جذور البيولوجيا التجريبية والأباتي سبالانزاني ، باريس 1951 .

نظريات القرن السابع عشر - شرح ديكارت في كتاب « الانسان » (1662 باللاتينية و1664 بالفرنسية) تقبض العضلة بانتفاخها ، بتأثير فيزيائي خالص لضغط هوائي . فالارواح الحيوانية مدفوعة بالقلب ، وموزعة بالدماغ ، ومجرورة بالاعصاب تُقلص العضلات بنفخها ويثير تنقلات قطع الهيكل العظمي بتقريب نقاط التداخل العظمية من الاوتار أو الربطات .

في حين ان ويلس Willis (سربري أناتومي ، 1664 ؛ موربيس كونفلسيفي ، 1667 ؛ موتو مسكولاري 1670) ، سحب من ملاحظاته العيادية الفكرة القائلة بأن الشكل التفجري او التكززي ، في بعض الحالات المرضية ، لا يمكن أن يفسر بنموذج ميكانيكي عادي . وقارن العضلة بآلة نارية واعتقد بأن التقلص له اسباب كيميائية محدثاً مفعولاً مشابهاً لانفجار بارود المدفع . في هذه الفرضية لا تجر الاعصاب ، نحو الاطراف ضغطاً هوائياً من أصل مركزي ، بل تسحب روحاً لطيفة تمتزج بالدم وتثير مكاناً اشتعالياً ذا مزيج كيميائي متفجر .

ومزج المشرح الشهير ستينون Sténonفي كتابه : المنتوروم ميولوجيا . . . 1667 ، نتائج التشريح الدقيق لنسيج عضلي ، بمبادىء بناء جيومتري ذي رسيمات رمزية . وبين ان العضلات المؤلفة من عناصر بسيطة هي الالياف المحركة التي تشكل متوازياً منحرفاً بفضل انتشارها فوق أوتار شبيهة بالزوايا الممتدة والمسطحة . وأعاد ستينون Sténon تركيب الأنواع التشكلية للعضلات وفقاً لترتيب عقلاني وأعطى لوصف التقبض شكل مسألة جيومترية متعلقة بتنوع السطح في ظل شرط حجم ثابت .

وطبق بوريلي Borelli (موتبي انماليوم ، 1680-1681) ، وبصورة منهجية مبادىء سكون العتلة ، على قياس قوة تقبض العضلات في الجهاز العظمي . وفي ظل هذه العلاقة ، تعتبر أعماله ، انطلاقاً من الصورة الارسطية ، امتداداً الفيزياء الرياضية عند غاليليه وديكارت . ولكن بوريلي ، بخلاف ستينون ،بحث بالاوالية الداخلية في تقلص الالياف . وبمعنى من المعاني ، وافق الكيميائيين من اجل اعطاء السببية الاساسية للظاهرة ، إلى ظاهرة محلية تخميرية والى غليان مزيج من العصارات العصبية والدموية .

وبمعنى آخر أصر بوريلي Borelli على تفسير ميكانيكي : في العضلة المصنوعة من ألياف منتظمة بشكل مسابح من البطون والعقد تشبه ميكانيكياً سلاسل الحلقات المطاطية القابلة للتغير ، والاجزاء المتمددة من مزيج في حالة الغليان ، تنتشر كما لو كانت زوايا تغيرجيومتري في بنيتها .

وعندما تمت إعادة طباعة كتاب بوريلي في نابولي سنة 1734 ، أضيف اليه ملحقان بفضل جان برنولي Jean Bernoulli : « التفور والتخمر » 1690 ، و« تحرك العضلات » 1694 ، وهما لم يصححا بصورة أساسية المبادىء التقليدية في التفسير ، وقلما تجاوزا المفاهيم التشريحية الرياضية عند ستينون ،كما أنّهما لم يحلاّ الضائقات الميكانيكية الكيميائية عند بوريلي . وتمسك برنولي مثل بوريلي بالليفة العضلية باعتبارها مكونة من حويصلات بشكل مسبحة يعتبر تورمها عند التقبض ،مسبباً بتدفق لا الدم بل الهواء الذي يتسرب في خلاياها . وطبق برنولي على قياس تقلص الالياف نظرية المنحنيات والتحليل

التفاضلي . ولكن هذه الرياضيات مهما كانت مرتبطة بهندسة ستينون فإنها لا تعطي أهمية الى هذا الطب الرياضي المجدد .

تأثير العلم النيوتني - ان العلم النيوتني ، وقد استورد ، كما رأينا من حسابات برنولي ، من خلال فيزيولوجيا العضل قد تسرب اليها بشكل آخر . وقد كان من المؤكد ان احلال نظرية الجاذبية محل الفرضيات الكوسمولوجية الديكارتية قد امتد أيضاً إلى المجال البيولوجي . وأعطى نيوتن بذاته المثل ، في كتابه أوبتيكس، (1704) حين عالج وبنفس الطريقة وبنفس الأسلوب المسائل الفيزيائية والمسائل الفيزيولوجية ، في الرؤية ، باحثاً في ذبذبات الاثير المنقولة بواسطة الاعصاب ، عن مفتاح تفسير ظاهرات الاحساس والحركة ودون اي تغير في الطموحات الطبية الرياضية أصبح العديد من الاطباء ، خاصة في انكلترا أولاً اطباء نيوتونيين إن أمكن القول .

يقول ك . سبرنجل K.Sprengel : في هذه الحقبة بدت فلسفة نيوتن لعديد من الاطباء هي النقطة الوحيدة التي يجب الانطلاق منها لإعطاء الفن الطبي يقيناً رياضياً » (تاريخ الطب ، ترجمة فرنسية ، 5,1815، صفحة 170-171) .

وفي نظرية الافرازات ، بشكل خاص جرت محاولة من اجل استيراد فكرة الجاذبية . ولكننا لا نقف هنا إلا عند الجهود المبذولة من أجل تجديد نظرية الحركة العضلية .

ويبدو أن جامس كيل James Keil هو الذي عرض أول محاولة لتفسير التقلص العضلي بواسطة قوة جذبية تحدثها في الدم الارواح الحيوانية ، التي ينتج عنها التمدد الكروي في الحويصلات التي تتكون منها الالياف . (واسم كتاب كيل : تنتامينا مديكوفيزيكا 1718) .

وقد حاول جورج شين George Cheyne (1671-1743) الذي كان يدرس التقلص في علاقاته مع وظيفة الاعصاب (المرض الانكليزي أو معالجة الامراض العصبية من كل الانواع ، 1735) ، كما فعل ويلس Willis من قبل في القرن السابع ، ان يتفادى نظرية الارواح الحيوانية ، وفسر التقلص بفعل التمدد أو المطاطية والجذب ، نظراً لان الالياف العضلية تحفز بذبذبات أثير عصبي داخلي ، وهو نوع من الوسيط من مبدأ فهم كل حركة . وفي مطلق الأحوال ، ارتكز شين على سلطة نيوتن ليرفض كل بحث حول جوهر الاحداث ، فاعتبر ممكناً جداً وجود مبدأ حيواني للنشاط الذاتي والحركة الذاتية . وحاول بريان روبنسون Bryan Robinson في كتابه « كتاب جسم الحيوان » 1734 ، أن يبحث أيضاً عن سبب الحركة العضلية في الحركة التذبذبية لاثير حيواني .

ولا يخلو من الفائدة أن نشير الى أنه ، في العقود الأولى من القرن الثامن عشر كان النقاش ما يزال قائماً حول وجود وحول طبيعة السائل العصبي ، وتدخل الارواح الحيوانية في العضلات كشرط موجب لتقبضها ، وذلك بسبب استمرارية الجهل لتجربة حاسمة أجراها سوامردام Swammerdam فقد بين سنة 1658 ، أمام دوق توسكانا ، إنه بالامكان عن طريق الاثارة الميكانيكية للعصب ، التسبب في تقبض عضلة الضفدع المقطوعة ، وإن طالت المدة بقطع العلاقة العصبية بين العضلة

والحبل الشوكي ، وبعدد من المرات كثير ، دون تغير في حجم العضلة . وقد استنتج سوامردام من هذه الظروف الثلاثة في تجربته بأن ظاهرة التقبض لا تتعلق بنقل سائل ذي طبيعة معينة من خلال عصب العضلة . ولكن هذه التجربة لم تعرف إلا بعد أن نشر بورهاف كتاب « انجيل الطبيعة » 1737) باللغة النرلندية و1738 باللاتينية بقلم د . غوب D. Gaub ، 1752بالالمانية ؛ 1758بالانكليزية) .

نظريات بورهاف وهوفمان Boerhaave, Hoffmann ـ كان تفسير التقبض العضلي بالتأكيد هو احد المواضيع التي اختلف حولها ، وبحظ مختلف لكل واحد ، المنظرون الثلاثة الكبار في منتصف القرن : بورهاف ، هوفمان ، وستاهل .

وبدا بورهاف ، حول هذه المسائلة ، ومن خلال انتقائيته المعتادة ، ميكانيكياً دون تجاوز وكيميائياً بدون منهج . واعتبر الالياف العضلية وكأنها التفريعات القصوى للالياف العصبية ، فنظر ، كما فعل ديكارت ، الى الاعصاب ، بآن واحد وكأنها ألياف قادرة على التذبذب الواسع المتنوع بحسب توترها ، كما اعتبرها كقنوات تجر الى العضلات الارواح التي يفرزها الدماغ . وضغط السائل العصبي في الالياف العضلية هو الذي يسبب التقلص .

أما هوفمان ، فيصعب بشأنه الحسم هل ان العيادة وطب الامراض هما اللذان يقدمان للفيزيولوجيا مبادئها أو العكس . وفي الواقع ، لقد علم بأن الاسباب المرضية تفعل فعلها بصورة رئيسية في الاقسام العضوية الجامدة ، وفي الاعصاب والعضلات ، وان مفاعيل هذه الاسباب ترد الى نوعين من الحالات المتعارضة : الوهن اي الانحطاط والتوتر . وإذاً يعلق هوفمان أهمية بالغة على الحظربة ، اي على توتر الألياف ، وتفسيره يمزج ، كما يشاء تأثير أفكار بويل ونيوتن . فمن جهة ، يعتقد ان الدم يلعب دوراً في التقبض ، بفعل مطاطيته ، وذلك عندما ينضغط في حويصلات الالياف العضلية . ومن جهة أخرى انه يؤمن بوجود أثير كمكون أساسي للسائل العصبي .

احيائية ستاهل Stahl ومنشؤها ـ كان لدى جورج ارنست ستاهل شعور حاد ومباشر بعدم رد الجسم الى مجموعة أواليات (ديسكيسيسو دي ميكانيسمي . . . ، 1706 ؛ دي فير ديفرسينت كوربوري . . . 1707 ، تيوريكا مديكا فيرا ، 1708) ، بحيث أنه لم يسع الى دعم تفسيزاته الفيزيولوجية إلا على بروتوكولات العالم التشريحي والا على حسابات الفيزيائي . والوجه المفارق ان هذا المنظر هو تجريبي عملي ، في معارضته للمنظرين الميكانيكيين . ويرى ، في الطب ، ان التجربة ، أي الطبيعة هي التي يجب أن تستشار . وأمانة للأبقراطية في علم الامراض ، ادخل ستاهل من جديد في الفيزيولوجيا المفاهيم الارسطية حول الغائية العضوية وحول النفس . وفي رأي ستاهل ، الجهاز هو الجسم الذي تتفاعل اجزاؤه نحو غايات أساسية من أجل الدفاع عن كينونته . إن الجسم الحي ، كجملة من الاجزاء المتنافرة ، يميل ميلاً طبيعياً نحو التفكك ، يعارضه ترابط الرطوبات مع الحركات الحيوية التي تحكمها النفس . وتنقل الرطوبات والدم داخل الجسد يتعلق بقوى وبضغوطات تختلف أساساً عن القوى وعن الضغوطات الميكانيكية . وهذا يبرر الاهمية التي يعزوها ستاهل للحركة

الحظربية (دي موتو تونيكو فيتالي 1692) . ويبدو هذا المظهر النموذجي للقوة الحيوية وكأنه عمل عامل غير مادي يقول ستاهل عنه أنه النفس العاقلة . وتحت هذه العلاقة ، هو أيضاً يريد أن يكون نيوتونياً على طريقته ، عندما يرفض افتراض تنوعية في الاسباب من اجل تفسير مفاعيل مماثلة فيما بينها . ان كل حركة غير إرادية من الحي هي ، أيضاً ، وبمقدار ما يتكشف فيها من غائية ، حركة تحددها النفس ، وإن بدون حساب واضح وبدون وعي .

الكثير من الشروح الخفيفة خصصت لستاهل ، والكثير من الغموض ما يزال قائماً في غالبية المقارنات القائمة بين أفكاره وأفكار هالر ، حتى ليبدو أنه من غير المجدي أن نثبت هنا نقطة تاريخ وعقيدة

في نظريته حول الحركة الحيوية الحظربية ، يؤلف ستاهل ، بشكل أصيل ، استقراضاً من التعبير واستقراضاً من المفهوم . إن غاليان Galien (دي موتو موسكولوروم ، 8,VII, I) هو الذي سمى حركة حظربية ما يسمى اليوم حظربة وضع ناشط . واستعمل فابريكيو داكوابانـدنتي Fabricio d'Acquapendenteنفس التعابير . واستبدل بويلي كلمة موتوس تونيكوس بكلمة آكسيو تونيكا . ولكن مفهوم الحظربة ، كخاصة حيوية أساسية غير مؤلفة من مركب من المفاعيل الميكانيكية ، أوحيت الى ستاهل من مطالعة غليسون Glisson (1597-1677) : « دي ناتورا سبستنتيا انرجتيكا» (1672) و« دي فنتريكولو اي انتستنتينيس» (1677) .

ميز غليسون Glisson ـ وهو يدرس ، تحت اسم « برسبسيو » ، ما نسميه اليوم « اثارة الانسجة » ، ـ بين « الاثارة الطبيعية » ـ اي الاثارة المباشرة للانسجة ، وهي تتحقق بالحركات التقبضية للانسجة المعوية أو العضلية المبتورة ، بالاستقلال عن كل علاقة بالجهاز العصبي ـ وبين « الاثارة الحسية » ، ـ في الحالة التي ينتقل فيها التفاعل المحلي للتقبض عن طريق الاعصاب الى الدماغ ، ويصبح واعياً . و« الادراك الطبيعي » تتجاوب معه الحركة الطبيعية ، التي تحددها الخصائص الداخلية في الالياف . و« الادراك الحسي » تتجاوب معه الحركة الحسية اي الواعية ـ ذات الانطلاقة الخارجية أو الداخلية ـ أي القشورية أو المركزية[1] .

وما يفهمه ستاهل بالحظربة هو الصفة الشاملة صفة الاثارة والتفاعلية في الانسجة . ولكنه لا يفصل ، مثل غليسون ، التفاعلية المحلية والتفاعلية ذات المنشأ المركزي . إن كل تفاعلية محلية هي التعبير الغامض المنتشر لمبدأ حيوي غير منقسم ، هو النفس . وهذا المبدأ هو المسؤول عن حركة الحظربة ، التي هي ميزة الحياة . تلك هي احيائية ستاهل ، الذي اختصر في تفسير الحركة العضلية ، الكثير من الادوات الميكانيكية ومن التوابع التقليدية ، إنما لقاء ـ وهذا ما يجب قوله تماماً ـ زاد اضافي من الميتافيزياء.

---

(1) راجع اوسي تمكين Owsei Temkin ، « الجذور الكلاسيكية في عقيدة غليسون Glisson حول التطور »(نشرة تاريخ الطب38 ، نمرة4 ، 1964) .

هالر Haller ونظرية الإثارة - يمكن أن نأمل الآن الاحاطة - بصورة أفضل ، بتميّز هالر ، ثم بفهم أسباب سيادة نظرياته الفيزيولوجية طيلة قرن من الزمن . من جهة ، لقد اطلع هالر فعلاً على العديد من التجارب حول حركات الحيوانات المقطوعة الزمن ، وعلى الملاحظات حول تحركات أجنة فاقدات الدماغ ، بحيث رفض فرضية الأرواح الحيوانية كسبب للحركة العضلية . ومن جهة أخرى لقد استخلص من قراءة غليسون وستاهل فكرة الخاصة الحيوية في الانسجة . فلاحظ ان كل حركة في الاليـاف العضلية تقتصر على تقلص ، في الحي ، وعلى تراجع ، في الجثة ، بعد البتر . وسنداً لغليسون ، سمى « اثارة » هذه الخاصية الذاتية في النسيج العضلي (كالقلب والامعاء) التي لا تلحظ ، بحسب رأيه ، لا على النسيج الخلوي ، اي الضام الرابط ، ولا على الاربطة أو الضمائم ، ولا على الجلد ، والتي تستمر فوق مستحضر طازج من العضل المبتور ، المنقطع العلاقة بالاعصاب أو بالدماغ .

« إن هذه القوة تختلف تماماً عن كل خاصية أخرى في الاجسام معروفة حتى الآن ، والملاحظة بشأنها جديدة . وهي لا تتعلق لا بالوزن ، ولا بالجاذبية ، ولا بالمطاطية ، لانها مختصة بالألياف الطرية وإنها تتوارى في الالياف التي تتصلب » (1747) .

تتعلق قوة اللاإثارة ، بشكل دقيق ووحيد ، ببنية العضلة ، وليست هي مدينة بشيء الى العصب الذي تعتبر « الحساسية » صفته الذاتية . وقد اقتنع هالر أنه يؤسس هذا التفريق ، وبقوة ، على التجربة ، أو بصورة أدق ، على التجارب . إذ بالمئات ، يجب عدُّ محاولاته لكي يفصل ويجمع الانسجة والاعضاء ، نسبة الى وجود أو غياب هذه أو تلك من الخصائص[1] [اللاإثارة أو الحساسية] . ويبدو القلب بالنسبة الى هالر عضواً شديد القابلية للاثارة ، يحفز الدم باستمرار تقبضه . وتأتي بعده بالترتيب الامعاء ، والحجاب الحاجز ، وعضلات الهيكل العظمي . ويقول بوجود قوة ثالثة ذاتية ، وإنْ ثانوية هي « التقلصية » الخاصة بالنسيج الخلوي (الضامة) .

وبالاجمال يسمي هالر تهيّجية ما يطلقه الفيزيولوجيون على التقبضية ، ويسمي تقبضية ما يسمونه مطاطية ، ويسمي حساسية ما يسمونه توصيلية في العصب بحيث يمكننا أن نلخص كما يلي الفرق بين مفاهيم ستاهل وهالر . فكلاهما يقول بأن التقلصية في النسيج العضلي ، كردة فعل ضد محفز ما ، هي خاصة عضوية أصلية ، ومن هنا رفضهما المشترك لكل تفسير من النمط الديكارتي ، الكيميائي أو النيوتني للحركة العضلية . وستاهل وان سماها [اي التقبضية] بالحظربة ، لانه يربطها بالحساسية ، أي بالقدرة اللاواعية أو الواعية للنفس ، فإنه يوسع هذه الخصوصية حتى تشمل كلية الانسجة في الجسم . أما هالر ، فبعكسه ، فهو يعطي للتقبضية الاسم الذي أطلق عليها سابقاً (غليسون)[2] ،

---

(1) بارتي باس كوربوريس . . . ، غوتنجن ، 1753 . ـ مذكرات حول الطبيعة الحساسة والقابلة للإثارة ، لأجزاء الجسم الحيواني ، ترجمة فرنسية ، 1757 .

(2) في « فانتريكولو أي انتيستينيس » ، فصل 6 ، عنوان : « إثارة الألياف » .

وفيما بعد (براون ، وبروسيه ، وكلود برنار Brawn, Broussais, Cl Bernard) ، والمسند الى خصوصية عامة تعود الى ردة الفعل العضوية ، كما لاحظ أن التقبضية والحساسية هما في الواقع قابلتان للفصل ، فاستنتج أن الحساسية أو الاثارة لا تدين بشيء لا للنفس ولا للاعصاب . وعقيدة ستاهل كانت حيوية في المبدأ ، مرتكزة على فلسفته الاحيائية . وكانت عقيدة هالر Haller حيوية (Vita-lisme) في الفعل ، والتأكيد على خصوصية ردات الفعل العضوية ودعوة الفيزيولوجي لكي يضع بنفسه مبادئه في التفسير دون أمل باستعارتها عن غيره .

البحوث اللاحقة حول التقلص العضلي ـ فصل سبرنغل Sprengel تاريخ المصير الذي أعطاه المعاصرون والخلفاء لنظرية القوى الأولية في الجسم الحيواني ، وذلك من خلال جهودهم لاثباتها أو دحضها ، نذكر ببساطة إن أكاديمية برلين قدمت جائزة سنة 1753 لمسابقة حول تفسير عمل العضلات وإن الجائزة أعطيت الى كلود لوكات Claude Le Cat لقاء مذكرة عنوانها يكفي للدلالة بأن استقلالية وظائف العضلة والعصب لم تكن مقبولة بشكل شامل ، حتى أيّام حياة هالر : كتاب الوجود ، والطبيعة وخصائص سائل الاعصاب وبصورة رئيسية أثره على الحركة العضلية .

من الممكن عند وضع مثل هذا السؤال في المسابقة ، أن تكون أكاديمية برلين قد حاولت تقليد المؤسسة ـ التي اقترح انشاءها و . كرون W.Croone, 1633-1684 ، مؤلف كتاب « راسيوني موتوس مسكولورم» ، 1664 ـ في الجمعية الملكية ، «كرونيان لكتشرز» وهي محاضرات مخصصة لمسألة العمل العضلي . وكانت أولى هذه المحاضرات هي التي ألقاها الكسندر ستيوارت : « ثلاث محاضرات حول التحرك العضلي » ، 1737 ، والتي كشف عن لائحتها ، فيما بين 1738 و1791 ، من قبل ج . ف . فولتن J.F.Fulton . ووجود مثل هذه المؤسسة يكفي لقياس زخم الاهمية التي أثارتها في القرن الثامن عشر مسألة الحركة العضلية .

ولبيان أن الفيزيولوجيا الحيوية للتقبض ، لم تبق نظرية فقط ، نذكر الكتاب الذي طبق فيه بارتز Barthez (1734-1806) قوانين العمل الحيوي في العضلات ـ القريب في رأيه من الحظربة التي قال بها ستاهل ، أكثر من قربه من « الاثارة » التي قال بها هالر ـ على وصف وعلى تفسير حركات التحرك الحيواني (سير ، قفز ، سباحة طيران ، الخ) : الميكانيك الجديد لحركات الانسان والحيوان ، 1798 . إنه العمل الاكثر اهمية حول الموضوع ، بعد كتاب بوريلي ، الذي ينازع بارتز مبدأه الاساسي المستعار عن غاسندي Gassendi ، ومفاده أن الحيوان يتقدم بفعل ردة الفعل المطاطية للمكان .

وبإنهاء مختصر الدراسات حول التقلص العضلي ، هذه الدراسات المحكومة بهيبة فيزيولوجيا هالر ، تجب الاشارة الى أن تصفية الشروحات الميكانيكية بنظرية الإثارة فتحت الطريق ، في العقد الاخير من القرن الثامن عشر ، أمام أنماط جديدة من البحوث حول التقلص العضلي ، انطلاقاً من تجارب غالفاني حول الكهرباء الحيوانية وأعمال لافوازيه حول التنفس وحول الطاقة العضوية .

وبين اللحظة التي لحظ فيها لافوازيه وسيغين ، اجمالاً ، النسبية المباشرة للعلاقة بين الجهد

العضلي واستهلاك الاوكسجين (1789) ، واللحظة التي وضـع فيها رينـولت وريست Regnault et Reiset بحوثاً كيميائية حول تنفس الحيوانات ، (1849) ، بصورة مضبوطـة ، عن طريق قيـاس التفاعلات الكيميائية الاساسية للعمل العضلي ، وقعت جملة فرضيات ، بصورة تدريجية أكثر ميلاً الى القياس ، وأقل بعداً عن الهوى ، وحاولت أن توضح التقلص العضلي بالظاهرات الكيميائية .

ومنذ سنة 1801 أشار ريشران Richerand ، في كتابه عناصر جديدة في الفيزيولوجيا ، فقط الى فـرضيات كيميـائية حـول التقلص العضلي . ودونها ك . سبـرنغـل K.Sprengel سنـة فسنـة ، في استعراضه الانتقادي لتاريخ الطب بخـلال السنوات العشر الاخيـرة من القرن الثـامن عشر . وهذه الفرضيات الكيميائية ليس لها إلا أهمية أدبية بالطبع . وإن أشرنا مجرد إشارة الى أن التشريحي الشهير ج . ش . ريل J.C. Reil 1759-1813 سمح لنفسه بأن يضع ضد الحيـوية ، مـادية كيميـائية ، في مذكرته « فون در ليبنسكرافت » فذلك لان هذه المحاولة افتتحت ، سنة 1796 ، المنشورة الشهيرة ، التي اسسها ريل Reil بنفسه : ارشيف الفيزيولوجيا » .

V ـ وظائف العصب والجهاز العصبي

إذا كانت نظرية هالر Haller حول اثارة الالياف العضلية قد أعادت الى فيزيـولوجيـا العضلة الخدمة الاكيدة ، خدمة تحويل الأفكار عن هيبة الرسيمـات الميكانيكيـة وجعلها متـاحة وقـابلة لطرق جديدة دراسية ، انطلاقاً من نجاحات لافوازيه الأولى في مجال الكيمياء الاحيائية ، فلا يمكن الادلاء بذات القول بالنسبة الى فيزيولوجيا الجهاز العصبي . فبعد شديد الفصل بين وظيفـة العضلة ووظيفة العصب ، ساهم هالر ، بدون علم منه ، في اظلام معنى وأهمية أعمال مجموعة من المراقبين العبـاقرة والمجربين المهرة الساعـين ـ عن طريق تحليـل شروط ممـارسة قـدرة التحرك الـلاإرادي ـ إلى إقامـة العلاقات الصحيحة بين الحركة والاحساس . ضمن هذه العلاقة ، كان الالهام ـ الذي كان بـإمكان فيزيولوجيي النصف الثاني من القرن ان يعثروا عليه في قراءة ستاهل ـ أكثر خصباً ، وإن بدا ظاهـرياً أميل الى الميتافيزيا وأقل قرباً من الوضعية . ومبدأ الاحيائية [= كل شيء حي] ، بتوجيهها إياهم نحو مفهوم الكائن الحي المحافظ على نفسه والمتصرف بصورة غائيـة ككل ، وتـوحي لهم الاحيائيـة بفكرة توجيهية أكثر صحة حول الوظائف المنظمـة والمنسقة للجهـاز العصبي . وجاءت هـذه الفكرة تـدعم وتؤجج الاهتمام الذي كان الاطباء العياديون يمنحونه بصورة تقليدية الى وقائع « الاستلطاف » ، اي إلى ردة الفعل من بعيد الدالة على أن البنية العضوية هي « اتفاق وتوافق » بين أعضاء ووظائف .

التفسيرات المختلفة للحركة الاتوماتيكية ـ إن المسألة الاكثر أهمية في الفيزيولوجيا العصبية في ذلك الزمن كانت بآن معاً تثبيت العلاقة بين توصيلية التحفيزات ، وهي شروط أساسية في الحركات ، والاحاسيس كوعي للتحفيزات ، ومن جهة أخرى العلاقة بين إعصاب العضلة ووظيفتهـا التقلصية واقتضت حلول هذه المسألة ، بالضرورة موقفاً تجاه مكان وأعضاء الحساسية وتمثيلها أو عرضها ضمن جدول إجمالي قد يتيح إدراكاً أفضل لاصالة فاعليها .

وهناك حدث معروف في كل وقت ، وقد تصوره ارسطو أولاً وغاليان Galien ، هو وجود حركات غير إرادية ، وفي الغالب غير واعية أيضاً ، بعضها حياتي مثل النبض والثانية حيوانية مثل تقلص بؤبؤ العين بفعل الاضاءة . ولكن يوجد عدة تفسيرات ممكنة لهذا التحديد غير الواعي لردة الفعل تجاه التحفيز .

والذي يعتبر الدماغ بمثابة خزان للارواح الحيوانية وكمنشأ للاعصاب التي توزع هذه الارواح ، وأيضاً كمركز إما بمجمله ، أو في قسم من اجزائه ، أو كخزان لنفس حساسة غير منقسمة إرادية وعاقلة ، يجب عليه أن يقبل ، في بعض حالات الاتوماتية ، بأن الوصلة الدماغية بين التحفيز وردة الفعل التالية يمكن أن لا تلعب إلا دوراً ميكانيكياً . تلك هي حالة ديكارت في القرن الـ 17 وحالة استروك Astruc في القرن الـ 18 .

والذي يأخذ في الاعتبار احداث حركات الاعضاء المنفردة (قلب مقطوع لضفدعة أو لحنكليسة) أو لحيوانات مقطوعة الرأس (برمائيات زواحف طيور) ، او لأجنة من غير دماغ (ملاحظات هالر وملاحظات لوكات، ، ووينسلو وبروشاسكا Le Cat, Winslow, Prochaska) وبالتالي لا يأخذ في الاعتبار الوصلة الدماغية كضرورة في العلاقة بين التحفيز والحركة ، هذا الشخص قد يتردد بالمقابل ، بين تفسيرين . وإن نحن ماهينا ، من حيث الفهم ومن حيث الاتساع ، مفاهيم الحساسية والوعي الحسي، وإن اعتبرنا الدماغ كعضو للوعي الحسي ، فإننا نجر ، بفعل ملاحظة الحركات الاوتوماتيكية اللاواعية ، إلى إنكار وجود الوصلة الدماغية كشرط ضروري للحركة . وهالر حين تصور الاثارة كردة فعل خصوصية ذاتية من بعض الانسجة تجاه محفز محلي ، يدفع الى أقصى حد بهذا الميل الى اللامركزية .

وبالعكس إن اعتقدنا أن الحساسية والوعي هما مفهومان لا يغطي أحدهما الآخر وإن وظائف النفس تنقسم على الأقل من حيث موقعها ، وإن الاحساسية قد تكون غير واعية دون أن تفقد أن يكون لها موقعها المركزي ، عندئذٍ يمكن التردد بين كيفيتين في تصور هذا الموقع المركزي للحساسية غير الواعية .

وإن افترضنا أيضاً ان العصب يتلقى من الدماغ الارواح الحيوانية التي يسوقها ، فيتوجب ، مع الحفاظ على حصرية مكان دماغي للنفس ، يتوجب الاعتراف ، ضمن هذا المكان أو الموقع بوجود طوابق متميزة ومنفصلة . ذلك هو حال ويليس Willis في القرن السابع عشر .

وإن احلينا محل الارواح الحيوانية ذات المنشأ الدماغي ، قوة عصبية متعايشة مع النظام العصبي ، فبالامكان الانجرار الى افتراض وجود مراكز أخرى حساسية وتنسيق احساسي حركي غير الدماغ . وهذا يقتضي افتراض وجود نوع من الحساسية غير المحسوسة ، وذلك بسبب رئيسي هو وجود واقعة نبهت أفكار ستاهل العديد من الملاحظين اليها . وهذه الواقعة هي أن الحركات الحيوانية حتى الاوتوماتيكية تحتفظ بحس تكيفي وحفظ لذات الجسم كله ، وبالتالي فإن هذه الحركات

لا ترتد إلى أوالية، وتحتفظ بعلاقة ببعض الوظائف، علاقة في أساسها نفسانية، وإن بصورة غامضة. ذلك هو حال ويت وانزر وبروشاسكا Whytt, De Unzer, Prochaska في القرن الـ 18 ، ومال فلوجر Pflüger في القرن الـ 19 .

في هذا الموقف الاخير تستدعي تفسيرات الحركة الاوتوماتيكية الاستعانة بالنفس كقوة احساسية مشتركة غير تمييزية ، ونرى فيها البحوث التشريحية حول بنية المخيخ والحبل الشوكي تتداخل مع محاولات الاقلمة داخل وخارج الدماغ لهذا الاحساس المشترك ، ومع التحليل التجريبي للشروط العصبية في الظاهرات المحركة .

ومن مراجعة كل هذه البحوث اخذت فكرة الحركة الانعكاسية تتكون بصورة تدريجية خلال القرن 18 .

تحديد مكان الحس المشترك وتشكل فكرة الحركة الانعكاسية ـ أشار ديكارت في كتابه : « وصف الجسم البشري » 1664 ، أنه إذا كانت النفس لا تستطيع حفز حركة في الجسم إلا تحت شرط توفر استعداد لائق في الاعضاء ، وبالمقابل « عندما يكون الجسم قد وضع جميع أعضائه استعداداً لأي حركة ، فإنه لا يحتاج الى النفس من اجل احداثها » . وكان « كتاب الانسان » تفكيكاً للآلة البشرية في حالتها ، قبل اتحادها بالنفس قبل أن تكون جهازاً بشرياً . وفي ظل العلاقات الحسية المحركة مع الجوار أو البيئة ، تكون الوظيفة الأساسية لهذه الآلة هي العلاقة التبعية الدائمة بين التحفيز والحركة ، بدون تدخل الوعي . وقد وصف ديكارت لهذه الغاية بعض الظاهرات التي سميت فيها بعد بالانعكاسات مثل الانعكاس البؤبؤي ، والانعكاس التراجعي الذي يقوم به العضو تجاه حرق ، وانعكاس تمدد الذراع اثناء السقوط .

وقد أعطى ويليس عن هذا النوع من الحركات المثل النموذجي ، انعكاس الحك (شرينكتون) ، وذهب الى حد أبعد ممّا ذهب اليه ديكارت عندما سمى هذه الحركة صراحة « بالحركة الانعكاسية » ، محدداً ضمن تعريف المفهوم المقابل : « تكون الحركة انعكاساً عندما تتعلق مباشرة باحساس سابق بصفته سبباً أو فرصة ظاهرة ، عندها يرتد للتو ، نحو نقطة المنشأ » (في حركة العضلات ، 1670) .

وافترض ويليس أن كل حركة تقتضي دفقاً منطلقاً من المركز ، من الارواح الحيوانية ، إنطلاقاً من المخيخ ، وليس فقط من الدماغ ـ ولكنه ميز بين الحركات الارادية المحكومة بالدماغ ، مثلاً التنقل ، الحركات الطبيعية أو غير الارادية المحكومة بالمخيخ وبالحبل الشوكي ، مثل التنفس أو النبض القلبي ، وبذات الوقت ميز بين نفسين، النفس الحسية والعاقلة والثانية الحسية الحياتية المشتركة بين الانسان والحيوانات (دي أنيما برتورون ، 1672). والتحديد التبوغرافي لمراكز هاتين النفسين واقع عند الانسان ، في الأجسام المتشبكة ، وهي مركز الحس المشترك في النفس العاقلة ، وعند هذا المستوى يتم التميز بين الأحاسيس الحسية المعكوسة كحركات ، بدون الرجوع إلى الوعي ، والاحاسيس المدركة

صراحة كأحاسيس من قبل النفس .

في القرن الثامن عشر خصص فيسنس Vieussens (1641-1715)، وبورهاف Boerhaave (1678-1747)، ولوري (1725-1785)، وهالر Haller، ولابيروني La Peyronie حتى لا نذكر الا المهمين من بين جمهرة من التشريحيين ، للحس المشترك ، أماكن عضوية متنوعة ، بحسب الفكرة التي كونوها ، بحسب تقنياتهم في التشريح وبحسب النتائج الحاصلة، كما عينوا مناطق دماغية لاصول الاعصاب . وفي أواخر القرن لم يخش المشرح الكبير سوميرنغ Sommering (1755-1830) من توطين الاحساس المشترك في مِصَالة بطينات الدماغ (أوبرداس أورغان درسيل ، 1796) ، وهو رأي لم يأنف كانط من النظر فيه .

وإذن لا مجال للعجب أن نرى جان استروك Jean Astruc (1684-1766) ، في مونبليه ، يوطن الحس العام المشترك في المادة النخاعية (المادة البيضاء) من الدماغ . وأتاح هذا التوطين لهذا المؤلف أن يقترح تفسيراً لظاهرات الاستلطاف الذي يتضمن ، من جديد ابتداء من ويليس، فكرة الحركة الانعكاسية (أنْ سمباثيا بارسيوم . . . 1736) . كيف يحصل بعد تحفيز أو تخريب قسم من الجسم ، أن يقوم قسم آخر بالعمل (التفاعل) من بعيد ؟ رفض استروك Astruc التفسير ، الشائع يومئذ ، وبموجبه تربط بعض الياف الاتصال الاعصاب فيما بينها . وبرأيه ، تكون كل الالياف العصبية مفصولة ومستقلة ، من الدماغ الى الاطراف او الحواشي . وفسر استروك Astruc انفعال الاستلطاف بالانعكاس الفيزيائي للمشاعر في لب الدماغ . وعندما تأتي الارواح الحيوانية ، المحركة بفعل الاثارة ، والموجهة نحو الدماغ من قبل العصب ، فتصدم احد ألياف النسيج الدماغي ، فقد يحدث ان « تنعكس وفقاً لاتجاه يرسم زاوية انعكاسية تعادل زاوية النزول » وتمشي في ثقب عصب محرك واقع على هذا الاتجاه المنعكس .

والعطس هو مثل الانعكاس الذي اختاره استروك : تهييج المنخرين يحفز ودياً تقبض الغشاء الحاجز « وفقاً لاوالية مريحة وسريعة ، وبسيطة ويمكن أن تتآلف في تأويل كل الوديات من ذات النوع » . ويجب أن نذكر عرضاً أن هالر عرف وذكر هذا الشرح للوديات ، دون أن يدرك مداها الممكن بالنسبة الى نظرية آلية الحركات . إن نظريته حول الاثارة تمنعه من ذلك .

روبر ويت Robert Whytt. تصوره لوظائف الحبل الشوكي - ان روبر ويت (1714-1766) ، من ادنبره ، - برفضه ، مثل استروك ، تفسير الوديات باتصالات خارج الدماغ ، بين الاعصاب ، وبعجزه عن القبول ، كما فعل هالر ، بإثارة عضلية مستقلة عن الاحساسية - انطر الى ابتكار مفهوم تجديدي بحق لوظائف الحبل الشوكي . وفي كتابه « محاولة حول تحرك الحيوان لا إرادياً » (1751) ، حاول ويت ان يثبت عبر الملاحظة وعبر التجربة ان الحركات هي دائماً من مفاعيل تصميم النفس ، التي دافعها ، مرة الادراك الصريح الواضح ، ومرة الاحساس الغامض في تطبيق حافز يعمل في الجسم . وفكرته الموجهة ، في تفسير الحركات اللاإرادية ، هي ان هذه الحركات لها غاية بادية ، اي إبعاد أسباب المشاعر القبيحة. مثلاً ، ان التقلص عند تضبيط البؤبؤ مع الضوء ، لا يتعلق

بالفعل المباشر للضوء على القزحية ، بل للانبهار المزعج المنتقل الى الروح عن طريق الشبكية والعصب البصري .

« والنهاية العامة لكل الحركات هو ابعاد كل ما يثير ، ويزعج أو يعكر انسجام وظائف الكيان الحيواني » . والمعنى الحيوي لكل الحركات (المعني الذي لم يخش ويت أن يشبهه بالمعنى الادبي ، الآني ، اللامنطقي) هو الذي منع من اعطائها اسباباً ميكانيكية خالصة . ولكن ويت ينكر أن يكون « ستاهلياً » ، واحداً من أولئك الذين « تخيلوا أنه لا يمكن استخدام النفس لتفسير هذه الحركات إلا إذا قبلنا برأي الستاهليين بأكمله » . إن المبدأ الحسي ليس النفس العاقلة والحاسبة ، أو بصورة أدق ، إنه هذه النفس بالذات ـ ولا توجد نفسان ـ بمقدار ما تقلع عن الحساب وعن التفكير ، وبمقدار ما تكتفي أن تكون احساساً آنياً ، ومن جراء هذا غير واع . من الناحية الفيزيولوجية ، إن هذا يعني أن العضل لا يتقلص الا إذا أثير ولكن ويت لا يجهل اية حجج يستمدها هالر ، تدعيماً لنظرياته ، من مراقبة حركات الحيوانات المقطوعة الرأس او الاعضاء المبتورة . عندئذ افتكر بدور الحبل الشوكي في التحديد الحسي للحركة .

« لان الحبل الشوكي ، لا يبدو فقط أنّه امتداد للمخ وللمخيخ ؛ ولكن من الممكن أنها تعد سائلاً عصبياً بذاتها ، وإنه بهذا السبب تدوم الحركات الحيوية وغيرها ، طيلة اشهر في سلحفاة قطع رأسها » .

وفي كتاب لاحق ، ظهر سنة 1764 ، وترجم الى الفرنسية سنة 1777 ، تحت عنوان « كتاب الامراض العصبية الوسواسية والهستيرية » يذكر ويت التجربة التي سبق أن أجراها الكسندر ستيوارت Alexander Stuart (1736) ، وهي وخز القائمة الخلفية لضفدع مقطوع الرأس .

نلاحظ « عادة حدوث أقوى الاختلاجات ، ليس في الفخذين فقط والركبتين ، بل في الجذع والجسم بالذات ؛ وفي بعض الاحيان يضطرب الضفدع بحيث يغير مكانه » . إلا أن هذه الحركات الودية ـ ونقول اليوم ، انعكاسات ـ تتوقف حالما تنقطع الصلة بين العضو المستحث والدماغ والحبل الشوكي ، وهما منشأ كل الاعصاب : « وتدخل غالبية عضلات فخذ وساق [ضفدعة] في حالة التقلص،حتى بعد قطع رأس الحيوان، شرط أن يكون الحبل في العامود الشوكي قد بقي كاملاً؛ ولكن عندما تتلف هذه المادة النخاعية أو تسحب ، فإن الياف العضلة ، التي تكون قد حفزت ، ترتجف قليلاً ، ولكن العضلات المجاورة تظل في سكون كامل » .

لم يلفظ ويت كلمات انعكاس المشاعر ، لكونها عند استروك عرضت ضمن إطار سن الفيزيولوجيا الميكانيكية . ولكنه الاول الذي تثبت ، دون أن يسمى ، من دور الحبل الشوكي كمركز انعكاس .

انتقاد اونزر ـ نصب ج آ . اونزر J.A.Unzer (1727-1799) ناقداً لـ « ويت » فميز احساس العصب والحساسية بالذات وزعم أن حركة الحي ليست محددة بالضرورة من قبل النفس ،

وإن كانت غير قابلة للرد الى ظاهرة ميكانيكية . إن الجسم الحيواني هو تماماً جهاز من الآلات ، ولكن هذه الآلات هي إما طبيعية أو عضوية أي أنها آلات حتى في اجزائها الصغرى ، كما قال ليبنيز Leib-niz عنها . وليس من الضروري أن يكون للآلة الحيوانية دماغ ، وروح . وهذا لا يعني بالضرورة أن تكون القوة العصبية ، عند الكائنات بدون دماغ ، مجرد عمل ميكانيكي . إن القوة العصبية هي قوة تنسيق وربط للآلات العضوية . ويكفي لتشغيل هذه الوظيفة أن تسمح عقد وضفائر ومقاطع عصبية ، لشعور عصبي من منشأ خارجي أن ينعكس الى إثارة ذات منشأ داخلي موجه نحو هذا العضو أو ذاك . إن حركات البولب ، وهو حيوان بدون مخ ، تفسر هكذا . وهذا التفسير يصح بالنسبة الى الفقريات المقطوعة الرأس .

« مثل هذا العمل العصبي ، المعزو الى انطباع حسي داخلي ، غير مقترن بتمثيل أي تصور ، انطلاقاً من انطباع حسي خارجي ، هو مثلاً ما يحصل عندما تقفز ضفدعة مقطوعة الرأس ، على اثر وخز اصبعها » (ارست غروندي ، . . . . 1771 ، 495 ـ « المبادىء الاساسية ، في فيزيولوجيا تتعلق بالطبيعة الذاتية للاجهزة الحيوانية »)

وهكذا يظهر قوام اصالة اونزر Unzer : رفض مماهاة اللاميكانيكية بالاحيائية ؛ لا مركزة ظاهرة انعكاس الإثارات التي لم يعرف ويليس Willis واستروك كيف يتصورانها إلا بعد إعطائها مركزاً دماغياً .

تركيب بروشاسكا ـ نجح ج . بروشاسكا G. Prochaska (1749-1820) وهو استاذ تشريح وعلوم العين في براغ وفي فينا ، أن يؤلف بين ملاحظات ويت حول وظائف الحبل الشوكي وفرضيات اونزر حول امتداد الوظيفة العصبية المنعكسة خارج الدماغ . ورأى بروشاسكا في مذكرته حول « وظائف الجهاز العصبي . . . » (1784) إن فيزيولوجية الجهاز العصبي قد حصرت كثيراً بالدماغ ، وإنها تجاهلت كثيراً التشريح المقارن ، وإنها بالتالي ، وقبل اونزر ، قد تجاهلت أن القوة العصبية ـ لقد انتهت مسألة الأرواح الحيوانية ـ تتطلب فقط سلامة العلاقة بين الالياف العصبية ، والحس العام المشترك ، المتميز عن الدماغ . إن العصب الحسي يستطيع ـ بدون إتصاله بالدماغ ، بحكم إتصاله بالعصب المحرك المربوط بالعضل ، وبواسطة الحس المشترك ـ أن يؤدي الى تحويل الاحساس الى حركة . حتى ولو أن بروشاسكا لم يقطع أيضاً وبصورة نهائية مع الرأي القائل بأن الحبل الشوكي هو ضمة من الاعصاب ، فقد أكد بشكل جذري بأنه مع البصلة ، مركز الاحساس العام ، الشرط الضروري والكافي لعمل العصب ، وإن قسمة البصلة تعني قسمة القوة العصبية دون القضاء عليها ، مما يفسر استمرارية القابلية للاثارة وللحركة لدى الضفدعة التي قطع حبلها الشوكي . وعند مستوى الحبل الشوكي يجري ، برأي بروشاسكا ، انعكاس (تحول) الاحساس الى حركة . وبعكس ما قاله استروك ، لا يعتبر بروشاسكا هذا التحول ظاهرة فيزيائية خالصة ، لا تخضع إلا لقانون شبيه بقانون الانعكاس البصري ، ولكن بنفس عقلية ويت ، يحكم بأن الانعكاس النخاعي للمشاعر العصبية يخضع لقانون بيولوجي هو حفظ الحي .

والامثلة التي أوردها بروشاسكا هي تلك التي سبق أن وصفها ديكارت وآستروك على التوالي : اغلاق الجفنين والعطس . وقد عرف بروشاسكا ، بأفضل من سابقيه ، علاقة الحركة الانعكاسية بالوعي : وقد ميز صراحة مظهر هذه العلاقة كآلية اضطرارية عن مظهرها كلاوعي اختياري ومتقطع ، وسند هذا التمييز بحجج من التشريح المقارن . في السلسلة الحيوانية ينضاف الدماغ الى الحس المشترك . وعند الانسان ، أضيفت النفس الى الجسد بفعل الله ؛ وعلى كل « انها لا تحدث على الاطلاق اي عمل يتعلق تماماً وفقط بالنفس ، ولكن كل أعمالها تتم بفعل الجهاز العصبي ، كما تتم بآلة هذه الأعمال » . ونرى هنا بروشاسكا ينتهي حيث ابتدأ ديكارت : إن النفس تستعمل في حالة الحركات الارادية ، جهازاً يمكن أن يعمل أيضاً بدون مساعدة وبدون اذن . ولكن الاطار التشريحي الفيزيولوجي لهذا التأكيد مختلف جداً ، لان بروشاسكا يرى الجهاز العصبي لا « كعموم » مثل ديكارت ، بل كسلسلة ، بحسب السلسلة الحيوانية ، وكبنية معقدة بصورة تدريجية وتراتبية ، يشكل الدماغ البشري كمالها دون أن يكون نمطها أو صورتها .

وتبعت بحوث الفيزيولوجيا العصبية ، مع ويت واونزر وبروشاسكا ، طريقاً غير ديكارتي ، ليس فقط بابتعادها عن المسلمات العامة في الميكانيكية ، ولكن ربما أيضاً باستعمال أسلوب غريب عن التعاليم الديكارتية ، وتحليل الوظائف الفيزيولوجية لا يمكن أن يدفع اكثر الى الامام ، بالارتكاز فقط على تشريح الاعضاء والمماثلات الميكانيكية . والتشريح لا يعني ، بالمعنى الصحيح ، تقسيم الصعوبة . بالمقابل ، إن الطريقة المقارنة للوظائف وللبنيات المقابلة ، بحسب السلسلة الحيوانية ، تتيح ، في فيزيولوجيا العصب ـ كما أتاحت لسبالانزي Spallanzi في فيزيولوجية التنفس أو الدورة الدموية ـ إثبات المظهر الاساسي الاولي لوظائفه ، هذا المظهر الاسهل إدراكاً في حالة الاجسام الاقل دقة في التكامل. وعلى هذا فالحيوانات المسماة «ذات الدم البارد»(البرمائيات والزواحف) اعتبرت في نظر المراقبين والمجربين معداتٍ مختارة . وحتى من خلال المختصرات السابقة ، يمكن أن نرى كم كانت الضفدعة، اذا أمكن القول ، البنت الجيدة بالنسبة الى الفيزيولوجيين ، لقد استفادوا منها كثيراً كما خدمتهم جيداً .

ولادة الفيزيولوجيا الكهربائية ـ إن الضفدعة هي التي أتاحت لغالفاني Galvani ، في بولونية (ايطاليا) اكتشاف وظائف العصب في طريق قطع فيه فيزيولوجيو القرن اللاحق شوطاً كبيراً الى الامام ، بفضل تقنية الفيزيولوجيا الكهربائية . وتأثير السائل العصبي للشرارة الكهربائية على الاجسام كان احدى عجائب القرن وحتى احدى تسلياته . إذا كان كالداني ، من بادو قد استعمل قنينة ليد Leyde ، التي صنعت سنة 1745 ، لدراسة مفاعيل الشحنة الكهربائية على القلب والعضلات (1756) ، فبالمقابل استعملها الاب نولي Nollet لاثارة الدهشة وللتسلية وذلك حين حمل لاول مرة ، 180 جندياً من الحرس الملكي على القفز ، وللمرة الثانية 700راهباً ممسكين بأيدي بعضهم البعض ، بفعل شحنة كهربائية من قنينة قوية . وبصورة أقل استعراضاً ، لاحظ ويت Whytt سنة 1751 ، المفعول التقبضي والغذائي للهزة الكهربائية على العضلات المشلولة . وقرر ولش ، بتجارب أجراها في

مدينة لاروشل La Rochelle 1772 الطبيعة الكهربائية للهزة التي تحدثها السمكة الرعادة وهي ظاهرة اعتبرها هالر Haller ، متبعاً مثال بوريلي Borelli ، مجرد عمل ميكانيكي . وإذاً ليست الصدفة فقط ، هي التي أتاحت لغالفاني Galvani عندما كان يدرس في سنة 1780تأثير الشرارة الكهربائية على عضلات فخذ الضفادع ، ان يلاحظ وجود تقلصات محدثة ، بدون شرارة ، تحت تأثير قوس مكون من معدنين مختلفين . وقد جاءته الفكرة لان الكهرباء كامنة في الجسم بالذات ، فتابع التجارب لكي يحدد أياً من الاثنين : العضلة أو العصب ، هو المركز ، وأيهما الموصل (فيريباس الكتريستي . . . 1791) . وأثار النقاش بين غالفاني Galvani وفولتا Volta الذي كان ينازع في وجود كهرباء حيوانية العديد من الاعمال ، من بينها أعمال فالي Valli وأعمال الكسندر دي همبولد d'Alexandre de Humboldt . وهكذا ، وبنفس الوقت الذي تلقت فيه وظيفة التنفس الحيواني ، من الكيمياء تفسيرها الأول التجريبي والدقيق ، وجدت وظائف العصب والمراكز العصبية ، في التيار الكهربائي ، أكثر من مجال مشابهة ، من اجل تفسير طبيعة القوة العصبية كما وجدت وسيلة تقنية حاسمة من اجل التحليل الصحيح لشروط عملها . وكانت نتائج هذه التقنية التحليلية . قد ازدادت بعد ذلك عدداً كما ازدادت دقة ، خاصة ، وبخلال العقود الأولى من القرن التاسع عشر ، عندما قام ليغا لوا Le Gallois يبين التجزّؤ الوظيفي للمركز النخاعي (1809-1812) ، كما قام شارل بل أولاً (1811)وماجوندي تالياً 1822 فميزا بين الوظيفتين المحركة والحسية ، وكذلك الجذور الداخلية والخارجية للاعصاب الفقرية Rachidien .

VI ـ الغدد وافرازاتها

كان يبدو اكثر ملاءمة للنظام الفيزيولوجي ، أن نرسم تاريخ نظرية الافراز ، بعد تاريخ الدورة الدموية وقبل تاريخ الفيزيولوجيا العضلية والعصبية . ولكن تاريخ الدراسات المتعلقة بالافرازات تمتاز بأنها تؤكد ، الآن ، أن الاطباء الفيزيولوجيين في القرن 18 قد أحسوا أكثر فأكثر ، وبحدة باستحالة الاكتفاء بالرسيمات التفسيرية التي قدمتها الطبابة الميكانيكية .

لقد أعطى ديكارت (كتاب الانسان) وبوريلي (موتي انماليوم ، قسم 2 ، فصل 9 و10) للغدد بنية ووظائف الغربال ، قال بوريلي (الطرح 145) : « ان الصفراء يمكن فصلها عن الدم ، في الكبد ، بخدعة ميكانيكية ، وبدون الاستعانة بأية خميرة » وأضاف بغليفي Baglivi (فيبرا موتريس . . . 1701 : سبيسيمن . . . ، 8,10) الى نموذج الغربال نموذج المصفاية أو المرشح . ولخصت مقالة « الغدة » التي قدمها العالم التشريحي تارين الى الانسيكلوبديا ، لديدرو ودالمبير Diderot et d'Alembert ، هذه المقالة لخصت تماماً كل الفرضيات التي كانت معروفة يومئذٍ ، لرد الافراز الى عملية غربلة لاجزاء متشابهة عند مستوى مسام مختلف الكائنات . وقد ارتد الجدل بين مالبيجي ورويش Malpighi et Ruysh، فيما يتعلق بالبنية التشريحية للغدد ـ الاول اي مالبيجي Malpighi

قال بوجود قناة شعرية فارزة ، مسكرة من جهة جذور الغدد العنقودية ؛ والثاني قال بأن الغدد هي مجموعات الاوردة بدون وضع غشاء حاجز فيما بينها وبين التجويف الافرازي - هذا الجدل دار لمصلحة الاول بفضل تجارب فرين Ferrein (1693-1769) مستعملاً تقنية الحقن في القناة المفرزة 1749 . وعلى العموم لم يشعر احد بأن التثبت من البنية الغددية الخاصة يساعد الفرضية القائلة بوجود وظيفة خصوصية لفصل الاخلاط والرطوبات .

وجمع هالر في الكتاب الثاني (1760) من عناصر « الفيزيولوجيا » (مقطع 1-2-3) الذي كان مستمراً في تفضيل رأي رويش Ruysch على رأي مالبيجي Malpighi، مختلف الشروط التي كانت معتمدة حتى ذلك الحين ، لكي يفسر تنوع الافرازات ، ولكي يضيف اليها - وهذامشكوك به - التغيرات في القدرة على تهيج المجاري الافرازية . وتضمنت مراجعته للنظريات التفسير الذي اقترحه جامس كيل James Keil ، مضيفاً الى المجال الحيواني تشريح الجاذبية النيوتونية . وبدت الصفة الانتقائية للافرازات مشروحة بصورة جذرية بفعل تجاذب الاقسام المتجانسة في الدم فيما بينها ، يساعده في ذلك تباطؤ سرعة دوران الدم ، نسبياً مع بعدها عن القلب .

ولكن إذا كان النموذج النيوتوني في التفسير قد ذهب الى رفض النموذج الديكارتي ، فإن ذلك لم يحصل فقط لاسباب رياضية خالصة . إن القدرة الايحائية في مفهوم الجاذبية تعود أيضاً الى غموضها . فالجاذبية مثل التعاطف تثير نوعاً من الميل أو الاتجاه ذي الطبيعة النفسانية الغامضة . والعلاقة بين العضو الفارز والسائل المفروز يمكن أن تشبه علاقة اللياقة أو التفضيل ، ويصبح الافراز انتقاء واختياراً . ولهذا لا مجال للدهشة أن تتضمن الانسيكلوبديا ، في مقالة « الافراز » والتي كتبها طبيب من مونبليههو هنري فوكيه Henry Fouquet ، 1727-1806 ، تشبيه ظاهرة الافراز بنوع من الاحساس ، والفرضية القائلة بأن كل غدة ، وكل ثقب له مذاقة الخاص . كان فوكيه ولا شك مبسطاً أكثر مما كان منظراً ، وهو بدرجة أقل أيضاً تجريبي . ولكنه استخدم فقط أعمال أحد كبار الاطباء في ذلك العصر : تيوفيل دي بوردو Théophile de Bordeu 1722-1776 الذي استنتج ، في « بحوثه التشريحية حول الغدد » (1751) ، استحالة القبول بأن أعضاء مثل الغدة الدرقية والبنكرياس والطحال والكبد ، الواقعة كما هي في الجسم الحيواني ، تكون خصائصها الافرازية بسبب أعمال ميكانيكية خارجية مثل الكبس أو الضغط .

وبحسب بوردو Bordeu يعتبر الافراز عملاً خاصاً بالغدة أو نوعاً من الاختلاج الذاتي ، تحت تبعية فعل الاعصاب . وقد احل بوردو محل الإثارة التي قال بها هالر الحساسية كمبدأ وحيد لتفسير ذاتية الافراز . وهكذا تعتبر هذه الوظيفة ، بعد غيرها من الوظائف حيوية نموذجية ، لا ميكانيكية ولا كيميائية .

ويجب أن نشير في هذه الاثناء أن كتاباً من أمثال هالر أو بوردو ، مع رفضهم للتفسيرات الميكانيكية ، يحتفظون بمسلمة مشتركة مع خصومهم ، اي أن السوائل المنفصلة عن كتلة الدم بفعل

الغدد الافرازية توجد فيه تحت نفس الشكل السابق على الافراز . وكان لا بد من انتظار القرن التالي وملاحظات علماء الأنسجة أمثال ج. غودزير J.Goodsir (1814-1867) في سنة 1842-1845، ود . هيدنهن R.Heidenhain (1834-1897) في سنة 1868و1874 ، ول رونفي (1835-1922) L.Ronvier في سنة 1869 ، حتى يتم فهم الافراز ، عند مستوى الخلية الحية ، كعمل فيزيولوجي ، وكصنع ناشط لمنتوج بدون مثيل سابق .

VII ـ نظرة اجمالية حول فيزيولوجية القرن الثامن عشر

في حوالى سنة 1780 ، وبفضل أعمال لافوازيه وغالفاني، أصبحت الرسيمات التفسيرية التي وضعها الاطباء الميكانيكيون متخلفة بصورة نهائية . فالكيمياء والفيزياء هما اللتان سوف تقدمان للفيزيولوجيا نماذجها . وسوف تخلف القوانين ، بالمعنى النيوتوني للكلمة قواعد الميكانيك . وروح نيوتن التي نسمت على العلم في هذا القرن جددت الفيزيولوجيا ، لا باستيراد المفاهيم ـوقد رأينا عقم المحاولات التفسيرية (عن طريق الجذب من بعيد) للتقلص العضلي ـ بل عن طريق تنافس بين الطرق . وإتجه الفيزيولوجيون ـ وقد اتعبهم باطل هذه التفسيرات الشفوية المتنافسة ـ نحو ما قدمته الوظائف الحياتية من خصائص ذاتية . إلا أن هيمنة النيوتونية ولدت أيضاً لدى الكثير من المفكرين النظريين عقيدة راسخة وثابتة .

وكردة فعل ، أراد الموقف الحياتي ، الذي كان موضوع تأمل سهل ـ فهو لم يقف بوجه التجريب ولا المفهومية في مادة الفيزيولوجيا العصبية بل بالعكس ـ أراد أن يكون فقط نمطاً نيوتونياً من الانتباه للاصالة الخاصة بالوظائف البيولوجية ، دون تفلسف حول أسبابها . وكذلك المدرسة المسماة مدرسة مونبليه Montpellier ، لم تتضمن مع بوردو وبارتز كذلك اي ميتافيزيك ، فيها كانت تسمى الحركة الحيوية أو المبدأ الحيوي ، أكثر مما فعله هالر فيها سماه الإثارة .

ويمكن لكتاب « عناصر جديدة في علم الانسان » (1778) ، لمؤلفه بارتز Barthez ، ان يعتبر ، بدون تمويه ، معالجة منهجية في التجريب الفيزيولوجي ، العملي ، انطلاقاً من مبدأ مزدوج السلبية : « المبدأ الحيوي للانسان يجب أن يفهم بموجب أفكار مختلفة عن الافكار المتكونة عن صفات الجسم والروح » . وكذلك ، لقد ظلم بيشات Bichat (1771-1802) كثيراً ، وفي أغلب الأحيان ، لأنه طالب ، في كتابه « بحوث فيزيولوجية حول الحياة والموت » (1800) ، باستقلالية الطريق البيولوجي . وعلى نقيض الفيزيولوجيين النيوتونيين المتشددين من أمثال كيل Keil ، لم يؤكد بيشات Bichat الا على خصوصية قوانين التنظيم الحيوي . وقد شدد على عدم استقرارية الظاهرات الحيوية . والواقع أنه لم يقل ان هذه الظاهرات كانت غير محددة وفوضوية ،لقد أنكر أن تكون خاضعة لحتمية شبيهة بالحتمية السائدة في الميكانيك العقلاني . ولا يمكنه أن يتصور حتمية بيولوجية ذات نمط احصائي ، أعطى الكشف عنها بصورة تدريجية ، بخلال القرن الـ 19 ، لافكاره معنى غير متوقع أساساً . لقد كان بيشات نيوتونياً في أسلوبه وفي حذره .

ويبدو أن كورنو Cournot قد سبق وأدرك اصالة الفيزيولوجيا الحيوية : « تقوم الحركة الحيوية بالضبط على إبراز المشابهات القائمة رغم التنوع العجيب في كل مظاهر الحياة ، واتخاذ هذه المشابهات كخط مرشد ، دون طموح الى الوصول الى جوهر الحياة » (تأملات حول مسيرة الافكار والاحداث في الازمنة الحديثة ، طبعة بوافين Boivin ، مجلد 2 ص 136) .

هذا التنوع العجيب في مظاهر الحياة ، بحث الفيزيولوجيون من القرن الثامن عشر عنه في كل الأشكال الحيوانية التي اخترعتها الحياة ، من البولب الى الانسان ، من الضفدع الى الاوران ـ أوتان ، هذا الشكل العجيب الوسيط (وكانوا يسمونه في القرن الثامن عشر رجل الغابات) وقد درسه كامبر Camper وبلومن باخ Blumenbach ، من حيث اللغة والذكاء والعلاقة مع الانسان . وإذا كان يفهم بكلمة كلاسيكية عقلية التصنيف الدقيق المزوجة بعقلية التعميم الرياضي ، فإن فيزيولوجيا القرن الثامن عشر ليست كلاسيكية . إذ جعلت مادة تجريب من كل حي ، وقد اهتمت بالأشكال الوسيطة كما قال ليبنيز Leibniz ، وإن هي عممت ، فوفقاً لأسلوب الحياة بالضبط ، وذلك بتوزيع التنوعات التي لا نهاية لها على بعض الطروحات . إنها فيزيولوجيا ساذجة ، فضولية تتطلع الى شتات التفصيلات والى تشابك طرق الطبيعة .

بين القيمة العلاّمية للانظمة الطبية في بداية القرن ، هذه الأنظمة التي ورثت من العقائد السابقة، وبين الاضطراب الفوار في البحوث التجريبية في القرن التاسع عشر، مثلت فيزيولوجيا القرن الثامن عشر هذه الحقبة في جدة الدراسة التي انفجرت فيها أفكار قديمة عند تماسها مع التجربة ، وحيث سُمحَ للجرأة ان تأخذ مداها وحيث فاز الالهام على الاستثمار الهادىء للعادات ، وذلك بانتظار تقنيات جديدة ، مبتكرة في أغلب الاحيان بدون سبق تصور وتصميم تتيح (اي التقنيات الجديدة) بواسطة تلاقي النتائج ، تمييز ايٍّ من هذه الاتهامات كان عفوياً وأيها كان مستنداً الى مسائل .

كانت هذه الفيزيولوجيا الحية كما هي الحياة ـ حيث اتخذ رجالٌ مثل سبالانزاني وسيغين ،، أنفسهم كموضوع لتجاربهم ، على نفس الاساس الاستقصائي الذي اتخذه ويت وريومور وهال حول الضفدع وحول السقاوة [الصقر] والحصان ـ هذه الفيزيولوجيا كانت بالمعنى الأكثر جدية والاكثر غنى ، فيزيولوجيا مزيجية عجيبة .

الفصل الثالث :
الطب

في القرن الثامن عشر وجه الفلاسفة الافكار اتجاهاً جديداً ، مختلفاً تماماً عن الاتجاه الذي طبع بطابعه « الاصلاح الديني » ، و« نقيض الاصلاح » .

وعلى الصعيد الطبي ساهم الفلاسفة ، وهم من أنصار المادية ، في تقدم البحوث التجريبية الخالصة ، ولكنهم أثاروا أيضاً ردات فعل عنيفة من قبل أولئك الذين لم يريدوا أن يشبهوا جسم الانسان بآلة بسيطة خاضعة لقوانين الطبيعة . كما أن العقائد والانظمة الطبية التي ازدهرت يومئذٍ ، دعمت وجهات نظر متناقضة تماماً . إن الطب لن يكون إلا هذا في مطلق الأحوال ، وقد سجلت الدراسات العديدة تقدماً ملحوظاً على القرون السابقة ، وكانت هذه الدراسات متسمة في بعض الاحيان بأصالة حقة .

I ـ ما قدمه التشريح

التشريح الماكروسكوبي (النوعي) ـ بلغ التشريح الذي لعب دوراً كبيراً جداً في عصر النهضة ، رشده الان . فقد أكمل القرن السابع عشر أعمال المشرحين الكبار في عصر النهضة ، حتى أن المعارف في مجال التشريح الكبير بدت عميقة وواسعة جداً . والعلماء التشريحيون رغم كثرتهم ، رتبوا ونظموا وعرضوا في أضواء أكثر منطقاً وأيسر بياناً ، ما سبق ووصف من قبل ، وذلك في كل المجالات ، سواء فيما يتعلق بعلم التصنيف أو بعلم العظام أو بعلم الاعصاب ، أو بعلم السيندسمولوجيا أو في النظام العصبي أو في علم الاوعية الدموية واللمفاوية أو في اعضاء الحس أو في أعضاء التناسل ، أو في علم الاحشاء .

ونذكر من بين الكثيرين الألماني ب . س . البينوس B.S. Albinus والانكليزي و. شيسلدن W. Cheselden للعظام ، الايطالي ج . د . سنتوريني للعضلات ، الألماني أ . س . تيبسيوس A.C. Thebesuis من أجل دراساته حول الدورة التاجية ، والايطالي الأب مسكاني P. Mascagni من أجل اللمفاويات ، والفرنسي ج . سيناك J. Sénac للقلب وآ . فرين A. Ferrein للكبد والكليتين ، والألماني ج . ن . ليبركون J.N. Lieberkuhn الذي وضح دور الزغبيات المعوية ، والفرنسي تيوفيل بوردو Théophile de Bordeu من أجل الغدد و نسيج الملتحمة وماري فرانسوا زافيه بيشات Fran-

— cois-Xavier Marie من أجل الغشاء البطني (الشمبر) والمثانة ، والفرنسي فليكس فيك ازير Felix Vicq d'Azyr للدماغ ، والايطالي آ. بكيوني A. Pacchioni للاغشية الدماغية وكذلك الألماني ك. آ. برغن K.A. Bergen من أجل الغشاء العنكبوتي (في الدماغ) ، والايطالي آ. سكاربا A. Scarpa للاعصاب ، والألماني هـ. آ. ريسبرغ H.A. wrisberg ، للنظام العصبي البطني ، والألماني ج.ج. زن J. G. Zinn ، والفرنسي ب. ديمور P. Demours للعينين ، والايطالي آ. م. فالسالفا A.M. Valsalva الذي عمل عملاً ملحوظاً في مجال السمع ، والانكليزي آ. مونرو A. Monro الابن من أجل القناة المنوية الخ .

يضاف الى هذا الحصاد الغني من المشرحين المشهورين الذين قدمهم القرن الثامن عشر ، أولئك الذين عرضوا مباحث التشريح في جو مميّز في أغلب الأحيان ، باذلين الجهود بصورة خاصة ، من اجل تقديم المساعدة الى الجراحين ، وذلك بتحرير أعمال تشريحية توبوغرافية ، خطة خطة ، كما ظهرت تدريجياً تحت مبضع الجراح . نكتفي هنا بذكر اسماء المؤلفين المشهورين أمثال الفرنسيين: ب . ج . ديسوت P.J.Desault ، ر . ب . سباتيه R.B.Sabatier ، ج . ل . بتي وج . ر . تينون J.L.Petit et J.R.Tenon ، والانكليز : و. شيسلدن W.Cheselden ، آ. مونرو الاب A.Monro وجون هنتر John Hunter الذي كان تأثيره ضخماً في بلده، والالمان ج.ي. هيبنستريت J.E.Hebenstreit ول . هيستر L.Heister ، والفلمنكي ج . بالفين J.Palfyn والسويسري آ . فون هالر A.Von Haller ، والدنماركي الباريسي ج . ب . ونسلو J.B.Winslow الخ هذا التعداد البسيط يدل على أن التشريح في القرن الثامن عشر كان من صنع الفرنسيين والالمان والطليان مجتمعين .

التشريح الميكروسكوبي (المجهري) - عرف التشريح الميكروسكوبي الذي استيقظ في القرن الماضي ، وقت جمود . وأكثر ما يمكن أن نذكر ؛ نورد أن بوردو وصف النسيج المخاطي ، الذي عرف بصورة أفضل فيما بعد باسم النسيج الملتحمي او الضام ، وبيشات وصف الأغشية .

نذكر على كل حال استعمال كلمة « نسيج » التي انتشرت سريعاً ، إلا أنها لم تتخذ المعنى النسيجي الا في القرن اللاحق .

إن المتناهيات الصغر كانت مدار بحث رغم صعوبة القول بأن الذين درسوها قد اظهروا سبق إدراك وتحرراً . في سنة 1700 اظهر الفرنسي ن . اندري N.Andry ان كل الامراض سببها بويضات منتشرة ومبثوثة في الفضاء وتدخل الى الجسم عن طريق الجلد والرئتين أو الجهاز الهضمي ، فتولد فيها بعد الدود . وقد تسببت له هذه الاعمال بلقب « رجل الدود » . وفي سنة 1722 عزا ج . ب . غوافون J.B.Goiffon الطاعون الى حشرات لا ترى ، تعيش في الدم ، ولكنه لم يقدم اي دليل حسي على أقواله ، وكذلك لم يقدم آ . ديديه A.Deidier الدليل الحسي على مقولته حول الدود الزهري . وقد وضع م . آ . بلنسي M.A.Plenciz نظرية مهمة حول الجراثيم المرضية الذاتية . ورغم وضوح هذه النظرية إلا أنها لم تستند الى اي دليل ميكروسكوبي .

التشريح المرضي - يعتبر التشريح المرضي الماكروسكوبي احد مقدمات القرن الثامن عشر الاصلية ، رغم أن بعض المؤلفين قد حاولوا تنفيذه في السابق . ويبدو أن كل الناس قد فهمت فائدة هذا العلم الجديد . ولكن كان لا بد من انتظار هذه الحقبة حتى يتم وضع عمل تأليفي تركيبي . لقد خصص الايطالي ج . ب . مورغاني G.B.Morgagni (1682-1771) حياته لهذه المسألة المهمة حيث قدم تجربته الطويلة وعلمه الواسع . وقد غطى تأليفه الضخم الذي فرض نفسه حالاً على كل معاصريه في الواقع كل علم التشريح المرضي .

ولكن عمل مورغاني مهما كان كاملاً ، لم يكن يكفي بذاته كي يعطيه هذه الشهرة العالمية ، لو أنه اكتفى بوصف الامراض التي رصدها وراقبها .

وكان فضله الكبير أنه لم ينس العيادة ، وإنه وضع لكل حالة كل العلاقات المرجوة بين المؤشرات الملحوظة على الحي ، والاعطاب الملحوظة على الجثة . وأصبح بالتالي كتابه دليلاً ثميناً بيد العياديين عند وضع التشخيص .

وفي فرنسا جرب ج . ليتود J.Lieutaud وضع كتاب مماثل ، إنما على خجل ، في حين أن فيك دازير Vicq d'Azir كتب مقالة جيدة حول هذا العلم في الانسيكلوبيديا . ورغم أن بيشات لم يكن متخصصاً فإنه أسس عيادته على التشريح المرضي ، وقرر نهائياً ضرورة البحث في الجثة عن أسباب الموت .

نذكر أيضاً في المانيا ش . ف . لودويغ C.F.Ludwig ، وفي انكلترا م ، بابي M.Baillie . هؤلاء المؤلفون سوف يعملون على جعل الفحص الجسدي مرتكزاً على أسس موثوقة . ثم أنه تجب الاشارة الى أنهم قد سوقوا ، في مطلع القرن من قبل ر ، فيسنس R.Vieussens الذي وصف بشكل ممتاز القصور الاورطي .

II - الأنظمة الطبية

في بداية القرن 18 كان هناك نظامان طبيان يتزاحمان على كسب رضى عدد كبير من العلماء : الطب الكيميائي والطب الميكانيكي . وكانت المنازعات حادة بين أنصار كل من النظريتين[1] . وعلى كل حال كان الطب الميكانيكي يستعين من وقت إلى آخر بالكيمياء حتى أن بعض المفكرين غير القطعيين ظنوا بأن الطب يكسب إن هو استعان بالنظريتين . من هنا نشأ نظامان آخران عرفا نجاحاً كبيراً بفضل واضعها هو الهولندي هرمن بورهاف (1668-1738) والالماني فردريك هوفمان (1660-1742)وبصورة تدريجية احتلت الكلمات مثل التصلبية (Solidisme) والاخلاطية والاحيائية محل الاسماء القديمة ، أسماء النظريات الطبية ، والجوامد والسوائل ، أو إلنفس ، وكلها كانت في أساس الانظمة الجديدة .

(1) نذكر أن ما قدمه القرن 18 في مجال الفيزيولوجيا البشرية والحيوانية قد درس في الفصل السابق .

نظام بورهاف Boerhaave ـ كان بورهاف يرى ان الجسم البشري مكون من جوامد تسبح في سوائل او رطوبات . والعنصران تحركهما حركات تدل على الحياة ، فإذا توقفت الحركات كان الموت . ولم ينكر بورهاف وجود النفس ، ولكنه اعتبرها بحكم عدم ماديتها ، بمنأى وبمعزل عن كل قياس وإنها يجب أن توضع فوق الحياة . وقد لاحظ الحركات ، ولكنه ظل متقيداً بالصعيد الموضوعي ، فلم يحاول أن يعرف عن روح سببها . وهناك 3 عوامل أخرى تشترك في الآلة البورهافية ، هي : الكيمياء والحرارة والارواح الحية . وظل الهضم ظاهرة ميكانيكية ، ولكن الافرازات الهضمية يجب أن تختلط بالطعام حتى يمكن امتصاصه بشكل عصارة . والحرارة الحيوانية تؤمن طبخ هذه الاطعمة التي عندما تصل الى الدم ، تصاب بالتباطؤ . في مستوى الدماغ ، حيث تصنع منها الأرواح الحية .

وهذه الاخيرة (الارواح الحيوية)، بواسطة الاعصاب ، تؤمن مختلف الحركات التي تحيي الجسد .

وبذات الوقت العادي ، تكون الجوامد بحالة توازن بفضل سببين : الاول خارجي : الهواء، والثاني داخلي : وهو الاخلاط أو الرطوبات . فاذا تغيرت هذه الاسباب ، يحصل انتقال من حالة الصحة الى حالة المرض . هذا الدور الممنوح للجوامد يبرر اسم الجمودية المطلق على هذا المذهب .

ويرى بورهاف أن الهواء يمكن أن يتغير في خصائصه الفيزيائية : حرارة ، رطوبة ، ضغط ، وتوجد اذن أمراض ذات هواء حار وذات هواء بارد وذات هواء رطب وذات هواء جاف ، وذات هواء ثقيل وذات هواء خفيف وهي مفاهيم تذكر بالافكار الغاليانية .

والاخلاط قد تضطرب بفعل ميكانيكي أو كيميائي فحسب ما اذا كان هناك تأخير أو تسريع في دورتها ، سيولة أو لزوجة في تركيبها . وأخيراً يمكن للكتلة الاخلاطية أن تزداد أو تتدنى دون أن يتغير تركيبها ، ويمكن أن ينظر في درجة حمضوتها أو قلويتها وهي تتغير . وقد يوجد أيضاً حالة تجمد .

أما الارواح الحيوية ، التي يصعب السيطرة عليها ، فيرى بورهاف أنها قد تتخرب بالافراط او بالتفريط ، الامر الذي ينعكس على الالياف التي هي نهاية مطافها . وقد يحدث احياناً عند دراسة الظاهرات الرئيسية الملحوظة في حالة المرض : انسداد ، التهاب ، أو حمى . وتشكل هذه الاخيرة بالنسبة اليه عملية إنعكاسية ارتدادية ضد الموت ، وليست مرضاً . ويميز بورهاف بين الامراض الحادة العارضة والامراض المستعصية . وهذه الاخيرة قد تأتي فجأة أو تشتق من الأولى . وهكذا يستلهم هذا النظام بآن واحد النظامين اللذين سبقاه ، كما يستلهم المتنوعات التي ادخلها سلف بورهاف في ليد ، اي سلفيوس Sylvius الذي أعطى للهضم دوراً أكبر بكثير .

والغرض من المعالجة هو محاربة الاصابات المتنوعة ، بعلاجات أو بمسهلات أو بمسكنات أو بمقويات ، مع الالتزام بالقواعد الصحية . وكان هذه النظرية العديد من الانصار في البلدان المنخفضة وفي النمسا والمانيا .

أسلوب هوفمن أو نظامه : يرى هوفمن في نظامه أيضاً ان الجسم البشري هو آلة وإن الحركة هي التعبير عن الحياة . فضلاً عن ذلك ، أنه يستبعد الروح عن عمد ، دون أن ينكر وجودها . ونظامه يستلهم فلسفة ليبنيز .

وآلة هوفمن مائية في أساسها : فالحركة الدورانية ، في الاخلاط هي قوام هذا النظام . ويفهم هوفمن بالاخلاط ، الدم واللنف والعصارة العصبية . والسبب الرئيسي في حركتها هي الاطعمة ، وأما الهواء فغريب عن هذه الفيزيولوجيا . وتذهب الاطعمة المتمثلة الى الدماغ بواسطة الدم . ويفرز الدماغ السائل العصبي الذي يغذي الحركة وبالتالي نبضات القلب ، وكذلك يغذي حركات الام الجافية (اي الغشاء المغلف للدماغ والحبل الشوكي) (ويتبع هوفمان هنا النظريات الايطالية التي كانت سائدة في القرن الـ 17) . وتتحكم هذه الحركات بدورها في الافرازات ، والمستخرجات ، والتمعج المعوي ، أي ، خارج السحايا ، في الوظائف الحياتية الإنباتية. وهذا الاستنتاج مكنه من القول بأن المادة يمكن أن تكون مزودة بقوة داخلية ذاتية ، وهو أمر في اساس نظريات هالر Haller .

وفي مجال النطاسة (الباتولوجيا) طور هوفمن نظامه الى اقصى حد تفصيلي مما جعله كثير التعقيد ، فالامراض ذات منشأ خارجي تأتي عموماً عن طريق الجهاز الهضمي ، الذي هو مجرد ممر وليس مركزاً للمرض، كما عند هلمونت Helmont وسلفيوس Sylvius. وعلى كل حال يفرق هوفمن بين مراحل النقل الهضمي ،ويسند أمراضاً مختلفة إلى كل مرحلة . والاخلاط المضطربة بفعل دخيل خارجي غير طبيعي تعمل بدورها على احداث الاضطراب في الارواح اللطيفة، الأمر الذي يجر بصورة ثانوية الى اضطرابات في التيار الدوراني وفي الافرازات ، الخ . ويُعمل هوفمن أيضاً الحبل الشوكي الذي هو المفصل للاعصاب الاطرافية ، ويرى أن الاضطرابات المحدثة في الجسم بفعل مؤذ لا تحدث الا إذا أصيب الحبل الشوكي . ويرى هوفمن أن بعض الامراض يسببها الهواء الفاسد عن طريق التعفنات ، وهو هواء يحمل وينقل ولا يعمل ذاتياً بفعل الخصائص الفيزيائية كما عند بورهاف .

وتلعب السموم والكحول والمناخ والنجوم دوراً أيضاً ، ولكنها لا تمارس دورها الضار على الجسم إلا بعد إصابة الحبل الشوكي . هذا المفعول يولد الاختلاج أو يولد الوهن . والاختلاجات تؤذي وتؤلم إن أصابت منطقة حساسة . وهذه المفاهيم سوف تنوجد عند كولن Cullen إنما بواسطة طريق آخر ان الاختلاجات هي ميزة الأمراض الحادة والوهن فهو من شأن الأمراض المستعصية . والحميات هي أمراض متميزة ترتبط بمختلف مراتب الجهاز الهضمي .

والمعالجة تكون مزدوجة لانه اذا كان هوفمان قد بقي واثقاً من الطبيعة ، فإنه يفضل على كل حال مساعدتها منذ البداية : وإذاً لا توجد مرحلة تربص . وهو يحسب حساباً لكل العوامل الأبقراطية التي من شأنها خلق أرض خاصة : عمر ، جنس ، مزاج ! مناخ فصل ، نوع حياة .

والعلاجات أربعة أنماط : مهدئة ومقوية ، مخرجة أو مسهلة وفتاكة. ويستعمل هوفمان ، زيادة على شرابه المسكن الشهير ، علاجات تجريبية ثابتة : الكافور ، الكينا ، الحديد ، النقرون ، باستثناء الافيون . وقد أمر ايضاً بالحمامات الباردة أو الحارة . ولهذا فان علاجه يستقي الى حد بعيد من المخزن الكيميائي . وكان تلامذة هوفمان عديدين في المانيا ونادرين في أنكلترا وايطاليا .

الاثارة والعقائد التي تنبثق عنها ـ ونشأت نظريات طبية أخرى في تلك الحقبة أيضاً ، استمد بعضها ، وهو أكثر أصالة ، منشأه من نظرية الاثارة التي وضعها فرنسيس غليسون Francis Glisson ، ثم ابرز قيمتها البرفون هالر Albert Von Haller (1708-1777) [1] .

ويرى غيلسون أن « الالياف » هي العنصر المكون الاساسي في كل جهاز حي .

وقدرة الالياف على التحرك بتأثير من عامل خارجي يبقى بعض الوقت ، بعد الموت ، وليس إذاً هو مظهر من مظاهر النفس . فضلاً عن ذلك اصر غليسون على البقاء في صعيد التجربة ، فعزا الى الالياف الإثارة وزعم أن هذه الخاصية يمكن أن تميز بها الكائنات الحية ، لان الحياة تتميز بمجموع هذه الاثارات المحلية .

وعاد هالر الى أفكار غليسون فطورها بشكل ضخم وطبعها بطابع عبقريته الى درجة أن أعماله حلت بسرعة محل أعمال سَلَفه . وبين هالر عن طريق التجربة ان الاعصاب ليست إلا موصلات . وخاصية الاحساس التي عزاها إليها ليست إلا ثانوية . أما التقبضية فهي عضلية بشكل خاص . وبقاؤها بعد الموت يدل على أنها ليست من مظاهر الحياة . وحدد هالر ، وهو يتفحص مختلف أنسجة الجسم ، درجات الإثارة أو الاحساس بالنسبة الى كل منها . وهناك أجزاء يكفي لاثارتها تحرك الاخلاط الدائرة (الحياة الإنباتية) ؛ وهناك بالعكس أنسجة تحتاج الى عامل مطلق معين حتى تثار (الحياة والعلاقات) .

ومن بين العديد من تلامذة هالر ، حرص البعض على توضيح العديد من مظاهر نظريته ، في حين ناهض بعضهم بعضاً من استنتاجاته . وطبق الالماني هـ . د . غوب H.D.Gaub ، 1705-1780 نظريات هالر في البتولوجيا العامة ؛ ومحاولته هذه ، التي بدت خجولة ، اتخذت مثلاً . واعتمد غوب وجهات نظر هوفمن حول أهمية دور السوائل ، وطبق الاثارة على الاخلاطية ، فاعتبر أن الحركة الميكانيكية الخالصة مرتبطة بالاخلاط . أما الصحة فتعزى ، مثل ما هي في نظام هوفمن ، الى توازن منسجم بين الجوامد والاخلاط ، أما المرض فيعزى الى اختلال هذا التوازن ، الذي يؤدي الى تغير في الاثارة ينعكس ، بواسطة الالياف على الامزجة فيولد الافرازات والانسدادات والبثور . الخ .

وعزا بعض تلامذة هالر الى الاعصاب دوراً أكثر أهمية فلم يعتبروا الاثارة إلا كمظهر ثانوي من

(1) وتاريخ هذه النظرية معروض من الزاوية الفيزيولوجية في الفصل السابق .

مظاهر القوة العصبية . وهذه النظرية فتحت أمام البتولوجيا آفاقاً جديدة . وحاول الانكليزي وليم كولن William Cullen 1710-1790 ان يرجع الى مصادر الحياة وأن يسند الى النظام العصبي المكانة السامية في البتولوجيا . ففي حين ظن هوفمن أن الامراض لها منشأ هضمي ، وإن المراكز العصبية لا تصاب إلا بصورة ثانوية عن طريق الاخلاط، فإن كولن أعمل مباشرة الإثارة على الاعصاب . إن العامل المرضي يؤثر في الجهاز العصبي الذي يتفاعل فيغير انفعالاته الخاصة . وهكذا تكون الالياف عندئذٍ إما موضوع تقلصات شديدة ،توتر، أو موضوع ارتخاء ووهن ، عنهما ينتج المرض . والحمى ليست مرضاً بل هي ردة فعل من الجسم ضد الامراض . والامراض تنقسم إلى 4 فئات : حمى مرتفعة، وهن وخور ، ونحول ، وإصابات جراحية واتخذت نظريات كولن والمدارس المختلفة التي انبثقت عنها اسم البتولوجيا العصبية أو العصابية .

أما الاستطباب فهو بشكل خاص ديناميكي ، والمرض السائد هو الوهن . وكان كولن يفضل بشكل ملحوظ الكينا ، وكان يكره الموهنات أو المضعفات مثل الشربات أو المسهلات . أما الالتهاب ، وهو المظهر الموضعي للحمّى فكان يعالج بمضادات الحرارة أو مضادات الالتهابات . وعلى كل حال نسي كولن ، مثل بورهاف ، في أغلب الاحيان نظرياته أمام المريض ولذا لم يتورع عن استعمال الادوية الذاتية أو الكيميائية المعروفة الفعالية .

وكان جون براون John Brown (1735-1788) تلميذاً على التوالي وخصماً لكولن Cullen ووقف بشكل خاص على صعيد الحياة الإنباتية ، فرأى في الاثارات التي تحرك الجسم التعبير الخاص عن الحياة، واعتبر أن عدداً من الاثارات او المحفزات ضرورية لتنشيطها . فالامراض تنبثق اما عن كثرة المحفزات (وهي الامراض الحادة) وإما، في أغلب الاحيان عن نقص المحفزات (الامراض غير الحادة) . والحميات هي إذاً امراض وتنقسم الى أمراض ذات سخونة مرتفعة (حادة) ، وإلى أمراض غير حادة (الحميات بالمعنى الصحيح) .

وكذلك على الصعيد الموضعي هناك أمراض بلغمية (ذات حمى). وهناك التهابات غير مقرونة بالحمى تسمّى الاوهان . وهذا النظام اخذ اسم «البراونية» . والاستطباب سهل بواسطته : فالعلاجات تكون مخففة للحرارة (الفصد ، الشربات ، المقيئات ، الخ) ، أو تكون في أغلب الاحيان مقويات مهيجات (خمر ، كحول ، كهرباء ، الخ) .

وتطبيق نظريات هالر في البتولوجيا ، استمر بنوع من التفاعل التسلسلي . ففي الدرجة الاولى قام الايطالي جيوفاني راسوري Giovanni Rasori (1766-1837) ، وكان تلميذاً لبراون ، يخاصمه خصاماً رهيباً ، فاستنتج من نفس التجارب استنتاجات معاكسة، من ذلك مثلاً أنه وصف حالة استعداد حاد للمرض كان براون قد وصفها بأنها حالة مرضية كامنة . ومن اجل التثبت من حالة الاستعداد هذه التي كانت سبب المرض . كان راسوري Rasori يجري فصداً . فاذا تحسنت حالة المريض فالحالة هي حالة استعداد إثاري ، وفي الحالة المعاكسة هناك استعداد مضاد للاثارة . ونتج

عن هذا النظام الجديد استطباب يخضع لنفس قوانين طبابة براون Brown .

ولم تكن النتائج التي حصل عليها أنصار هذه الانظمة رائعة ، وانتشارها كان عارضاً . ولكنها ولدت نظريات أخرى امتدت الى القرن اللاحق . ففي حين دعم براون Brown وكولن Cullen ، المفهوم الأبقراطي للامراض العامة قبل الايطالي جياكومو توماسيني Giacomo Tommasini ، دون أن يرفض هذا المبدأ ، بوجود أمراض موضعية أيضاً ، تستخدم كحلقة ضرورية بين الانظمة السابقة ونظرية جديدة لا تقبل الا بالامراض الموضعية هي : البروسيسية . وهذه النظرية ، المعقدة نوعاً ما ، ظهر بها ف . ج . ف . بروسي F.J.V.Broussais (1772-1838) الذي استمر اثره الضار لمدة طويلة في باريس . فالعمل الطبيعي للجسد يتأمن بفضل حافز خارجي : الحرارة الخارجية التي تؤثر في وظائف الانسجة عن طريق الخلائط ، ويولد تلف المحفز ، بصورة أوتوماتيكية ، حالة من المرض في نسيج معين .

ويأتي تعقيد هذا النظام من جراء ادخاله الجهاز الهضمي في حمل الامراض ونقلها ، معلقاً ، بصورة خاصة أهمية كبرى على التهاب المعدة . ويدخل الاستطباب ، المعاكس لأبقراط ، دون أن يأخذ في الاعتبار الامكانيات التي تحدث عن ردات فعل الجسد . وكانوا يأمرون بالفصد الكثير ، واستخدام العلق المصاص في الرأس والمعدة .

الاحيائية Animisme ـ ودون انكار وجود النفس ، كانت الانظمة السابقة لا تعطيها أي دور في حياة الجسد ، كما كانت تحاول تشبيه القوانين البيولوجية بأواليات كيميائية أو ميكانيكية بسيطة . فكان من الطبيعي اذن ظهور تيار معاكس يعطي للنفس دوراً أولياً مهماً ، فكانت الاحيائية التي ابتدعها ج . ي . ستاهل G.E.Stahel (1660-1734) . يرى ستاهل ان لا شيء يحدث في الجسد بدون تدخل النفس ، سواء في الحركات الارادية أو غير الارادية . والظاهرات الميكانيكية أو الكيميائية ليست إلا مراحل ثانوية مدونة ضمن مجمل تحدده النفس ، وضمن غائية محددة تماماً تظهر في كل العمليات التي يكون الجسد مركزاً أو مقاماً لها .

وتعمل النفس في الجسد بثلاث وسائل رئيسية : الدورة الدموية وهي الوسيلة النبيلة ، ثم الافرازات ثم الاخراجات ، التي ليست مظاهرها الميكانيكية والكيميائية إلا ثانوية وموجهة . إلا أن ستاهل لا يوضح العمليات المختلفة التي بواسطتها تؤثر النفس على الجسد . وتظل فيزيولوجيته بدائية في حين يهمل عن قصد التشريح والكيمياء .

ويأتي المرض عن سوء عمل النفس التي يجب إفساح المجال أمامها لتعمل بمفردها على إعادة الصحة ، و« نفس » ستاهل تتماشى هنا مع « طبيعة » أبقراط . ويقتصر عمل الطبيب على مساعدة عودة العافية بصورة طبيعية ورأى ستاهل الذي اضطر الى اعتبار النزف الباسوري مفيداً ، إن الحمى ليست مرضاً بل ردة فعل النفس ضد المرض ، وقد اهتم كثيراً بالنبض .

أما الطبابة فتعطي مكاناً واسعاً أمام الاضطرابات الدورانية . وهناك أمراض احتقانية وأمراض

نزف . وأسبابها أما داخلية وأما خارجية . ولكن الالياف يمكن أن تكون مضطربة ايضا ، الامر الذي يولد الاختلاجات ، والتغير في الحظربة ، الخ . وبعض الاضطرابات تصيب بصورة خاصة الجهاز العصبي ، فتجر وراءها الشلل والرجفة والانحطاط الخ . فضلاً عن ذلك يدخل هنا مفهوم الموضع بواسطة الامزجة ، كما هو عند أبقـراط ، كما يدخل أيضاً مفهوم الهواء والاطعمة والحماية الصحية ، والاهواء الخ . والطبابة الواعية تساعد الطبيعة بدلاً من أن ترهقها بصورة منهجية بكثرة الادوية . وقلما كان للطب مفهوم اسلم من هذا المفهوم للاشياء . فقد اتاح رؤية الظاهرات من زاوية أقل اطلاقاً وكان تلامذة ستاهل كثيرين في المانيا وانجلترا ، إلا أنهم كانوا أندر في فرنسا حيث اتحد فرنسوا بواسيه دي سوفاج Francois Boissier de Sauvage 1706-1767 وكان في بادىء الامر ميكانيكي النـزعة الطبية ، فانضم الى هذه النظرية ، كهمزة وصل بين هذه النـظرية الالمـانية ومـدرسة مونبلييـه التي ينتمي اليها .

الحيـوية Vitalisme ـ هنـاك ميل غـالباً ، إلى جمـع الارواحية والحيـوية . والـواقع أنهما نـظامـان مختلفان ، نقطة الاشتراك بينهما هو الاعتراف بوجود ظاهرات ميكانيكية وفيزيائية دون اعطائهـا الدور الأولي . ففي حين أن الإحيائية تجعل النفس مسؤولة عن كل ما يحدث في الجسم ، ترد الحيويـة هذه القوة الى مبدأ حيـوي قابـل للهلاك يمكن وضعـه في مركـز وسط بين النفس والـظاهرات الفيـزيائيـة الكيميائية ، ويعزى تاريخ الاحيائية قبل كل شيء الى مدرسـة مونبلييـه التي تخرج منهـا كل الاسماء العـظيمة التي صنعت هـذا النظام الـذي أسسه تيـوفيـل دي بـوردو Théophile de (1722-1776) Bordeu . يرى بوردو ان الغدد تلعب الدور الرئيسي في الجسم فكل واحدة منها مزودة بحياة خاصة وتقوم بوظيفة محددة تماماً . وتنتج الحياة عموماً عن امتزاج الحيوات في كل الغدد . ويتم التنسيق بين الغدد ، وهو تنسيق من شأنه تأمين الحالة الصحية للجسم ، بفضل النسيج الخلوي الذي أحسن وصفه بوردو تحت اسم النسيج المخاطي .

واقتـرب بوردو من هـالر وابتعد عن تفسيرات الاطبـاء الميكانيكيـين ، فعـزا عمـل الغـدد الى الاعصاب التي تخدمها والتي تعمل بفعل الاثارة أو التحفيز . وانفصل عن هالر معترفاً للغدد بخاصتين مميزتين : الاحساسية والحركية فيجعلهما على نفس المستوى مع اعترافه بأن الحركيـة تقع تحت سيـطرة الاحساسية ، الى درجة أننا نطلق اسم احساسية على المبدأ الذي يتحكم بالحيوات الصغرى البوردوية (نسبة الى بوردو) . ويرى أن الحياة تعبر عن نفسها قبل كل شيء بالافراز الغددي رغم اعترافه بالدور السامي لثلاثة أعضاء : هي المعدة والدماغ والقلب .

ولما كانت الحياة مرهونة بهذه الاحساسية ، فالخضوع للبتولوجيا ينبع على ما يبدو ، من الاختلال في هذه الاحساسية . ولكن بوردو لا يشرح هذا الخضوع ، مكتفياً بالمبدأ العام مبدأ تدخل الاحساسية لاعادة النظام ، مما يقربه من أبقـراط Hippocrate ومن ستاهل . ان الاسباب المرضية هي خارجية أو داخلية ، ويلعب الالتهاب دوراً مهماً في هذه الحالة الاخيرة .

وقلب هنري فوكيه Henri Fouquet (1727-1806) ، تلميذ بوردو نـظام هالـر وعزا أهميـة

خاصة الى الاحساسية ، ضد التقلصية . وبين هاتين الخاصتين يضع مزدوجاً من القوى ، وهي فكرة سوف يأخذها خلفاؤه من بعده ، ولاعادة الحالة الصحية المخربة فهو يطمئن الى الالياف الحية المزودة بهذا المزدوج من القوى . ويعتبر بول جوزيف بارتز Paul-Joseph Barthez (1734-1806) رمزاً للحيوية المونبلية (نسبة الى مونبليه) رغم أنه لا يعتبر مؤسسها بل ان عبقريته القوية جعلت من هذه النظرية الفيزيولوجية نظاماً متكاملاً . ويقبل بارتز بمزدوج القوى الذي قال به فوكيه والمتكون من الاحساسية والحركية، وهما خاصتان يضعهما تحت سيطرة قوة عليا .

ولا يغطّي الاسم الذي أطلقه عليها « المبدأ الحيوي » اية غاية مسبقة . وهذا التعبير كان قد استعمل من قبل في مونبليه من قبل آ. فيزز A. Fizes الذي لم يكن حيوي المبدأ . ولا ينكر بارتز Barthez حاله في ذلك حال بوردو ، لا وجود ردات الفعل الفيزيائية الكيميائية ولا وجود النفس ، ولكنه يضع الحياة عند مستوى وسط بين الوجودين . وبالمقابل ، إنه يرفض الحيوات الصغرى التي قال بها بوردو . فهو يرى أن المبدأ الحيوي وحيد ولا توجد أية تسلسلية يجب اجتيازها . وهكذا تفوته الحياة الإنباتية غير الواعية والتي يجعلها الاحيائيون تحت سيطرة النفس . إن المبدأ الحيوي يسيطر على الحياة الحيوانية كما تتحكم النفس بحياة العلاقات ، وبصورة خاصة بالحركات الإرادية .

وطبق بارتز نظامه على البتولوجيا ، فاعتقد أن المرض يرد الى اختلال في توازن القوى بين الاحساسية والحركية . وهذه القوى تتعلق بالمبدأ الحيوي . وعلى هذا الاخير أن يعيد اليها التوازن ، وهذا هو مفهوم شبيه بمفهوم الطبيعة عند أبقراط وبإحيائية ستاهل . ولم يكتف بارتز بالافكار العمومية فقام بتحليل حق لمجمل الدلالات الملحوظة لكي يستكشف فيها المبادىء الأولية ، أو العناصر المرضية والتي تجب محاربتها . إن فن الطبيب يكمن في مهارته في فصل العناصر الأولية عن العناصر الثانوية . وتتم المعالجة ضمن هذا الترتيب ، ولكن العناصر الثانوية تزول في أغلب الأحيان ، بصورة عفوية بعد معالجة العناصر الاخرى . ورفض بارتز التحيز لاي نظام وارتضى ، وقبل كل العلاجات شرط أن تكون فعالة . وفي هذا فكر جديد . لقد صنف هذه الادوية ضمن 3 مجموعات : علاجات اضطرابية عنيفة تشكل معالجة صدمة ، علاجات مُقلدة قريبة من علاج الداء بالداء (هوميوباتي) ثم علاجات خصوصية .

هذه الاستطبابية لن تطبق إلا إذا كان المبدأ الحيوي بحاجة الى المساعدة . وأصالة عمل بارتز تكمن في أنه يحل محل الامزجة المعقدة رموزاً وإشارات بسيطة وواضحة . وإن هذه الاصالة تتخلى عن نظرات الفكر فتطبق استطباباً سلبياً ومنطقياً قريباً ومبشراً بالعصور الحديثة .

ومن بين تلامذته نذكر : ج . ش . م . دي غريمود J.Ch.M. de Grimaud (1750-1789) وش . ل . دوماس Ch-L.Dumas (1765-1813) اللذين ضاعفا وكثرا القوتين البارتيزيتين. وامتدت مدرسة مونبليه الاحيائية حتى القرن التاسع عشر ، مع ف . بيرار F.Bérard ، وبشكل خاص مع ج. لوردا J. Lordat الذي اعتمد وجهة نظر أكثر ستاتية. وهناك آخرون من مونبليه عرفوا بالحيوية في

باريس ، وبصورة خاصة فيليب بينيل Phillipe Pinel (1745-1826) ، اختصاصي في الأمراض العصبية

وطور تلميذه بيشات Bichat (1771-1802) النظرية . فقال بمزدوج القوى البارتيزية وسماه احساسية وتقلصيةولكنه ميز بين الحياة الحيوانيةوالإنباتية والحياة الناشطةالعلاقية،فقبل بمزدوج خاص من القوى لكل واحدة منها . وقد بحث ، كمشرح جيد عن أساس مادي وَوَطَّنَ الحياة الإنباتية في النظام العصبي الودي وحياة العلاقات في « المركز العصبي » (النفراكس) وبين الاثنين توجد علاقات لم يوضحها مخصصة للتنسيق بينهما . وقد رفض بيشات ، مع النسيج المخاطي الذي قال به بوردو ، رفض فكرة الغدة ، وحل محلها مفهوم النسيج ، وفي هذا تقدم غير منكور جعل منه السلف لعلم البيئة المعاصر . وكل نسيج مزود بقوة حيوية خاصة ذات علاقة بالوظائف المتوجبة عليه .

وكان بيشات من أنصار علم التشريح البتولوجي ، بعد أن كان درس فيزيولوجية الانسجة في ضوء الاحيائية ، ولاحظ الخلل الذي تتعرض له الانسجة عند المرض . ولكي يعيد توازن القوى داخل النسيج المصاب استخدم استطباب بارتز . وإذاً فبيشات Bichat ، مهما قيل عنه ، هو حيوي حقيقي وقد طبق آ . ريشيران A.Richerand 1779-1840 مبادىء مماثلة على علم الاستطباب الخارجي .

والحيوية نظام فرنسي أساسي ، وكان لها بعض الانصار في المانيا وانكلترا . وميزتها الرئيسية أنها حاولت دمج وتركيب أفضل عناصر الانظمة السابقة وإنها كانت في مطلع القرن التاسع عشر ، أكبر خصم لمذهب بروسّي .

علاج الداء بالداء (هوميوباتي) ـ في أواخر القرن 18 وبداية القرن 19ظهر نظام طبي جديد هو هوميوباتي، لذي وان لم يكن مرتكزاً على الفيزيولوجيا ، إلا أنه قد ساعد ، مثل بقية الانظمة على إقامة نطاسة جديدة . وواضع هذا المبدأ هو الالماني هانيمان Hahnemann (1755-1843) الذي عثر على اكتشافه الأول حين لاحظ أن الكينا اذا اخذت بمعايير قوية . تتسبب بأزمات ارتجافية من النمط البردائي ، تشبه تلك التي أعطيت من اجل الشفاء منها . وبعد أن جرب عدة مستحضرات ، على نفسه في أغلب الاحيان ، استنتج من ذلك القاعدة الصائبة المأخوذة عن الاقدمين « وداوني بالتي كانت هي الداء » . وأضاف الى هذه القاعدة ، قاعدة التماثل ، قاعدة أخرى هي قاعدة اللاتناهي : كلما كان المستحضر مذوباً أكثر كلما كان مفعوله أكبر .

والهوميوباتي لاقت صعوبة لكي تفرض نفسها في المانيا . حتى اضطر هانيمان Hahnemann الى المجيء في أواخر ايامه الى باريس حيث وجد ان نظرياته قد وجدت أنصاراً متحمسين نشروها في كل ارجاء العالم تقريباً . واليوم أيضاً تجد هذه النظرية متحمسين لها كما تجد معارضين اشداء ضدها .

ونذكر أيضاً « الايزوباتي » « أو التشابه الطبي » التي اسسها الاميركي ك . هيرن C.Hering

الذي أراد معالجة الامراض ، بمستحضرات من نفس هذه الامراض . ولكنها لم تعرف إلا نجاحاً ضئيلاً

III ـ تقدم الطب العملي

الطب الأبقراطي الجديد ـ إذا كانت الانظمة الطبية قد سيطرت حقاً على الطب في القرن الثامن عشر ، فإنها مع ذلك لا تمثل كل الطب . فقد كونت الأبقراطية الجديدة التي قام بها توماس سيد نهام Thomas Sydenham ، مدرسة ، وكان الاطباء كثراً الذين التزموا أتم الالتزام بالظاهرات الحيوية دون أن تكون لديهم فكرة الالتزام بنظام . ويتناقض دورهم المهم في صنع الطب المعاصر مع عقم عمل الشراح الاخيرين لأبقراط . فقد جهدوا في استكمال أساليب الاستقصاء المتوفرة لديهم . وفي حين كان البعض ، لوقت قصير خلا ، يكتفون بالنظر الى البول ، وإن بعض الاطباء قد استمر يفحص بالمراسلة ، سعى الأبقراطيون الجدد الى الاتصال المباشر بالمريض . ونشأ عن هذا الاتجاه الجديد في الطب علم السيميولوجيا الحديث والتعليم العيادي

علم دلالات الاعراض (السيميولوجيا) ـ عرفت السيميولوجيا تجدداً حقاً في القرن 18 . رغم أنها لم تكن ممثلة فيه الا بعنصرين : دراسة النبض ، وتفحص الصدر . ولكن في الحالة الاولى يبدو أن الاطباء قد قالوا كل ما يمكن أن يقال في عصرهم . وتكاثرت الدراسات غير الجدية ، متبعين في هذا مثل الصينيين . فقد استعملت الساعة الرملية والساعة الرقاصة المائية من أجل عد النبضات ، قبل أن يخترع غاليليه « النباض » وقبل أن يخترع سنتوريو Santorio أيضاً « نباضه» . وفي الحقبة التي نهتم بها ، كان الاسباني ف . سولانو Fr.Solano من لوكس (1685-1736) هو أول من جذب الانتباه في الغرب الى أهمية النبض ، وخصص له دراسات علمية . وقد وضع ثلاثة أنماط من النبض : النبض المزدوج ، والنبض العارض Inciduus والنبض المتقطع . وقام آخرون يستكملون هذه الدراسة . وأراد بوردو أن يكون لكل عضو مريض نبضه الخاص ، وهذا ما كان يشكل وسيلة ممتازة للتشخيص . وقسم الانباض الى عالية منخفضة ، بحسب موقعها فوق الغشاء الحاجز أو تحته ، وهي مناطق حدد في كل منها سلسلة من الانباض الثانوية العضوية أو الموضعية . وقد تميز هذا التصرف المبالغ به بأنه لفت الانتباه ، في فرنسا الى الدراسة المنهجية لحركات النبض في الامراض . وقد اعتاد بوردو Bordeu ، في الاساس أن يأخذ النبض في نهاية الكعيرة (الكوع) بأربع أصابع . وخصص تلميذه فوكيه Fouquet ايضاً لاعماله ، مراقبات دامغة جداً ، وخطرت له الفكرة بأن يرسم خطياً الاحساسات المدركة مشبهاً إياها بحبات اللؤلؤ المتعددة والمتقاربة نوعاً ما .

واعتبر اكتشاف التلمس بالاصابع أو النقر من قبل النمساوي ليبولد اونبروجر (1722-1809) Leopold Auenbrugger ، ذا أهمية من الدرجة الاولى ، رغم ان هذا الاسلوب لم ينتشر حقاً إلا في بداية القرن التاسع عشر ، بفضل جان نيكولا كورفيسار Jean Nicolas Corvisart (1755-1821) .

وهذا الاسلوب كان المعلم الضروري الذي سوف يمكن « لانك» من القيام بخطوة جديدة الى الامام في الفحص الرئوي .

التعليم العيادي - لم يظهر التعليم العيادي إلا في تلك الحقبة مكرساً أخيراً احدى نصائح الطب الأبقراطي . صحيح أن سلفيوس Sylvius قد افتتحه في القرن السابع عشر في ليد Leyde ، وإن بعض الاطباء الهولنديين والايطاليين قد طبقوه ، إلا أن احداً منهم لم يجعل منه مدرسة ، وكانت امثلتهم بدون غد . وكان أول عيادي قد حفز حقاً هذا التعليم الجديد هو بورهاف Boerhaave الذي زاد قليلاً في شهرة مدرسة ليد Leyde حيث حرص كلٌ على المجيء لكي يستلهم مناهج المعلم . وقد كون العديد من التلامذة الذين ساروا بعمله في ليد ، أو اذاعوه في فينا ، بفضل الهولنديين ج . فآن سويتن G.Van Swieten وآ . دي هان A.De Haen ، وبفضل الالماني م . ستول M.Stoll . وكانت هبّة في أغلب البلدان الأوروبية، باستثناء فرنسا التي ظلت متأخرة الى أن استطاع انشاء مدارس الصحة الثلاث « في السنة الثالثة » قهر تعنت الاداريين في المستشفيات . ومن بين المدن العديدة التي اشتهرت يومئذٍ نذكر غوتنجن Gottingen ، وارلنجن Erlangen ، وبافي Pavie وقد احتوت مجموعة متألقة من الأسماء الشهيرة من أمثال الألماني ج.ب. فرانك J.P.Frank ، والسويسري س . أ. تيسو S.A.Tissot .

وبعد ذلك لم يعد الطب كتبياً . وسرعان ما آتت الطرق الجديدة ثمارها مثل علم تصنيف الامراض سنداً للظواهر ، ومن غير أية فكرة تنظيمية أو مذهبية . وهذا التصور للباثولوجيا « علم الامراض » سوف يستمر طويلاً بعد القرن الـ 18 ، حتى تم الحصول على معارف أكثر دقة عن مختلف العوامل المرضية .

وكان أول مصنف هو بواسي دي سوفاج Boissier de Sauvages الذي قسم الامراض الى عشر مراتب ، و44 سلكاً و315 نوعاً ، دون ذكر التفريعات ، ويستحق اسم ليني Linné وبينيل Pinel وريشران Richerand الذكر أيضاً .

الباثولوجيا وعلم الاوبئة - من بين الامراض العديدة التي درست نذكر الالتهاب الغرغريني (خاصة في انكلترا) وداء النقطة ، والتهاب الصدر ، والمغص من أي نوع ، وفقر الدم ، وانتفاخ الغدة ، والامراض الزهرية ، وأمراض النساء والحصاف (برص ايطالي) وغيرها الكثير من أمراض الجلد ، واقترن كل منها باسماء عدة مؤلفين وبحق . وأعطي اهتمام أكبر بالامراض المستعصية . وإذا كانت المعارف حول الحميات قد بقيت جامدة ، فإن المعالجة بالكينا قد تحسنت .

يضاف الى هذا الجدول المختصر جداً علم الاوبئة الذي احتل مركزاً مهماً في هذه الدراسات . وظل الطاعون يحصد حصداً رهيباً ، خاصة في مرسيليا سنة 1720 دون إمكانية اكتشاف سببه رغم الملاحظات المقنعة لأنطوان ديديه Antoine Deidier . ودرست الملاريا وحوربت بفعالية في ايطاليا من قبل ج . م . لانسيزي G.M.Lancisi (1654-1720) . أما الدفتيريا التي كانت تحصد الناس في

انكلترا وفي كل مكان من أوروبا، والتيفوس والتيفوئيد والكَلَب والكريب المشهور بالانفلونزة ، والسعال الديكي وقد درست كلها أيضاً . وهناك وباء جديد تعددت ضحياه هو الهواء الاصفر الذي ظهر في اسبانيا أولاً ثم خارجها تالياً . ولكن الجدري هو الذي خضع لدراسات عدة ، أعطت نتائج مشهودة .

الالقاح والفاكسين أو التلقيح بجدري البقر ـ عرف القرن الـ 18 مرحلتين متتاليتين اشتهرتا بمحاربة مرض الجدري الذي كان يحصد الناس حصداً في كل مكان من العالم تقريباً ، وقد اكتشف الصينيون وسيلة للوقاية منه وذلك بذر قشرة مأخوذة عن المجدّر في الأنف . وقد اخذت بلدان أخرى اسيوية بوسائل مماثلة . ولكن هذه الطرق نفذت بصورة جيدة في كل من تركيا واليونان بوخز الجلد في ثلاثة مواضع مختلفة بابرة ، ويوضع عند هذا المستوى قليل من القيح الجدري . ونشرت الليدي مونتاغو Lady Montagu ، زوجة السفير الانكليزي لدى السلطان ، الاسلوب في بريطانيا ، مع الدعوة الى ذلك ووافقت على تلقيح ولدها منذ سنة 1717 ، وانتشرت الطريقة يومئذ بسرعة في انكلترا تحت اسم التلقيح . ورغم وجود نسبة مئوية من الوفيات ، فقد ازداد عدد الاشخاص الملقحين والمحميين بفعالية ضد المرض . وفرض التلقيح نفسه ، رغم المهاجمين الالداء الذين كان بعضهم عظيماً[1] . وتبعت المانيا المثل ، وكذلك سويسرا وهولندا والسويد ، الخ . وكانت فرنسا البلد الاكثر تصلباً، وانتظر التلقيح لفترة طويلة قبل أن يفرض نفسه. وكان الملقح الأكثر شهرة،والذي ساهم بفعالية في التعريف بالاسلوب ، السويسري تيودور ترونشن Théodore Tronchin (1709-1781) الذي انضمّ اليه الانكليز د . سوتون D.Sutton وت . ديمسدال Th.Dimsdale لما اشتهرا به من حماس ومن نشاط .

وفي الوقت الذي اشتهر فيه التلقيح ، ظهر التطعيم « الجَنّيري » الذي حل محل الأول لانعدام خطره . وبدا مجد الطبيب الانكليزي ادوار جنير Edward Jenner (1749-1823) غير مشوب ويستحق بحق التشبيه بمجد هارفي Harvey . فبعد أن لاحظ جنير أن الاشخاص المصابين باللقاح المأخوذ عن ملامسة البقر ، لم يعودوا يخشون الجدري ، انصرف الى بحوث صبورة حملته الى اكتشافه الفخم بعد عشرين سنة من الجهود . وفي 14 أيار سنة 1796 ، لقح من قيح دمل لقاحي ، كائناً بشرياً . وكان النجاح تاماً ، الى درجة أن العالم بأكمله اعتمد بسرعة التلقيح الذي اصبح يحمل اسم المرض الذي بفضله سوف تخلق المناعة الاكيدة الشاملة .

بدايات الطبابة الكهربائية ـ هناك عنصر جديد سوف يجد مباشرة تطبيقات في الطب والكهرباء . فمنذ صنع أولى الآلات الكهربائية في القرن السابع عشر ، جرى التفكير في استخدام الكهرباء في الطبابة ، تقريباً لكل الامراض ، إنما بصورة خاصة في الامراض التي تصيب الجهاز

---

(1) إن المناقشات الرياضية التي أثارها هذا الموضوع وردت في الفصل 1 من الكتاب 1 من هذا القسم .

العصبي . وفي هذا الطريق اتبع الفيزيـائيون الاطبـاء وتجاوزوهـم في بعض الاحيـان ، واشهر هؤلاء الفيزيائيين كان الاباتي نوليه Nollet .

وكان أول علاج طبي سنة 1740 على يد السويسري جان جلابرت Jean Jal- (1712-1768) labert الـذي شفى به مشلولاً . إلا أن استخـدام الكهـربـاء في التـطبيب كـان نـادراً في السنـوات الـلاحقة . وكـانت الاطروحـات الأولى حول هـذا الموضـوع التي نوقشت في مـونبليه في سنـة 1749 و1750 ، بتأثير من بواسيه دي سوفاج Boissier de Sauvages ، قد درست معالجة الفالج بالكهرباء أو بالمشابهات بين السائل العصبي والكهرباء . واجريت بحوث عدة في العديد من البلدان ومنها المانيا وانكلترا ، ولكن علم الكهرباء الطبي ، درس في فرنسا بشكل خاص ، وبعناية كافية لتحصيل تقدم ملحوظ . واستكملت الوسائل التي كانت بالتأكيد بدائية . وبـدلاً من الشحنات الخـطرة المنبثقة عن زجاجة ليد Leyde ، وضعت الشرارات الكهربائية ، وأخيراً الحمامات الستاتية، ومنيت غالبيـة هذه الوسائل بالفشل ، إلا أن بعضها أدى الى الشفاء . وأراد الاب برتولون Bertholon ان يضع نظاماً مرتكزاً على الكهرباء الحيوانية : فصنف الامراض الى أمراض كهربائية وغير كهربائية وحاول ان يطبق عليها معالجة كهربائية . وكان للكهربة (الكلفنة) معتنقوها ولكن بشكل متأخر. وقد وضع فولتا Volta أول بطارية ، وكان أيضاً الأول في استعمال التيار المكلفن أي المكهرب في الطب .

الحركة المسميرية ـ واستمر استخدام المغناطيسية لتهـدئة بعض الاوجـاع حتى القرن الثـامن عشر ، بعـد أن كان قـد بدأ في مـطلع القرن الســابع عشر ، وخـاصة في أوجـاع الاسنـان ، ولكن المغناطيسية ، اصبحت بين يدي الالمـاني ف . مسمير Fr.Mesmer (1734-1815) ، نـظاماً جـديداً عرف نجاحاً مدهشاً في حوالي أواخر القرن تحت اسم المسميـرية . تـرك مسمير المغنـاطيس ، ومغنط مرضاه بواسطة الايدي ، ثم حسن طريقته ، فنظم جلسات مغناطيسية جماعية حول جفنة مملوءة بالماء المؤكسد الذي تخرج منه قضبان معدنية ، كان المرضى الجالسون حوله يمسكونها بأيديهم . واستكمـل المشهد ، بالعاب ضوئية ، وبحركات ذكية وبالموسيقى . وكان الامر يتعلق بظاهرات تنويمية ، لم يكن لها في الواقع اي شيء مشترك مع المغناطيسية بالمعنى الفيزيائي للكلمـة . وعرفت المسميـرية انتشـاراً مدوياً ، وخاصة في باريس ، وقام تلامذة مثل ش . ن . اسلون Ch.N.d'Eslon بصنع جفنة لهم . بل أن مسمير استغل مصداقية جمهورة ،فمغنط أشجاراً يمكن للاشخاص الفقراء أن يعالجوا تحتهـا . وأخيراً قامت كلية باريس ضد هذه الممارسات التي حكمت ضدها لجنة رسمية من كليـة الطب ومن الاكاديمية الملكية للعلوم سنة 1784 . وانهارت الشهرة بسرعة واضطر مسمير الى الهرب خارج فرنسا ، فنسي بسرعة .

البتولوجيا الاجنبية ـ واستمـرت البتولوجيا الاجنبيـة تنمو ، خـاصة وإن الاسفـار الطويلة المدى ، والتي لم تكن تخلو من مخاطـر ، اصبحت شائعـة . ولكن الدراسـات أهملت الشرق لصـالح أميركا ، وبصـورة خاصـة لصالـح جزر الانتيـل . فقد كـانت هذه المنـاطق ، فعلاً مسـرح عمليات عسكرية ، وعرفت فضلاً عن ذلك أوبئة رهيبة من الحمى الصفراء ، وخاصة في سان دومانغ -Saint

Domingue حيث أن الوباء حصد الناس فتوقفت الحرب لعدم وجود محاربين . أما أفريقيا فلم تلاق الا الاهتمام القليل عبر مصر وعبر بلاد البربر التي كانت بين 1732 و 1734 مجال بعثة علمية وطبية ، الاولى من حيث التاريخ ، بتشجيع من ملك بولونيا أوغست الثاني الذي مولها . ونظم ملك الدانمرك فريدريك الرابع بعثة الى الشرق الاوسط ، وهي المنطقة التي تجمعت فيها الدراسات الرئيسية التي جرت في آسيا . ويمكن أن نذكر أيضاً الاراضي الروسية على حدود العالم الآسيوي وجزيرة مينوركا التي كانت ميداناً لحملات عسكرية متنوعة ، ومجالاً لعدة دراسات .

وكانت البلدان التي قدمت مساهمة في صنع الباتولوجيا الاجنبية في ذلك الزمن مختلفة عن البلدان التي كانت في القرن السابق . وكانت انكلترا وفرنسا في الطليعة . وتناولت الدراسات الرئيسية الحمى الصفراء التي ظهرت في افريقيا واسبانيا وجزر الانتيل وفي أمريكا . ولكن للاسف لم يبرز اي عنصر مُهم يمكنه محاربة هذا المرض . ودرس أيضاً التيفوس الطفحي (داء جلدي) والجذام ، والديزنتيريا والحميات على اختلاف أنواعها ، وكذلك « البيان » [داء جلدي] والليشمانيوز ، والخُطيات . وحفزت الرحلات البحرية الطويلة عدة مؤلفين على معالجة أمراض رجال البحر وبصورة خاصة فقر الدم . وأدخل ج . لند J.Lind عصير الحامض في المعالجة المنهجية وفي الوقاية من هذا المرض . وتقدم أيضا علم المناخ بعض الشيء .

الطب النفساني العصبي ـ كان من مميزات النطاسة في القرن الـ 18 بروز ذاتية النيروبسيكياتري أو معالجة الامراض العصبية النفسانية . فحتى ذلك الحين كان المعتوهون يعتبرون ممسوسين أو أناساً أشراراً وكانت تساء معاملتهم ويحبسون في أكواخ مظلمة غير صحية ، وبعد ذلك اعتبروا كمرضى . وإنه من جلائل أعمال فيليب بينيل Philippe Pinel القيّمة انه اسقط سنة 1793 السلاسل والقيود عن هؤلاء البؤساء ، وعمل على معاملتهم بشكل انساني . ودرس بينيل Pinel ايضاً الامراض العقلية فصنفها ضمن أربع مجموعات . الوسواس الكآبة العته ثم البلاهة . في حين أنه حتى ذلك الحين لم يقم احد بالاحاطة بمجمل هذا المجال الواسع الذي لم يكتشف تقريباً . وتصدى بينيل أيضاً للعصاب بعد كولن ، وبواسييه دي سوفاج Boissier de Sauvages الذي سبق أن تكلم عن أمراض النفس ، وستاهل . ونذكر ايضاً الايطالي ف . شاروجي V.Chiarugi الذي نظم المآوي في بلده وعالج المرضى طبياً . وعرفت الفيزيونوميا أو علم السحنة نجاحاً قوياً في عصر النهضة . وفي القرن الـ 17 تكلم ماران كورو دي لا شامبر Marin Cureau de la Chambre (1596-1669) ، بدوره عن فن معرفة الناس . وأخيراً تبع أثره في القرن الـ 18 السويسري ج . س . لافاتر J.C. Lavater (1741-1801) إنما وقف عند الاشارات البادية على الوجه . ووجه الألماني ف . ج . غال Fr. J. Gal (1758-1828) دراساته ناحية الحدبات في الجمجمة ، فأوجد علماً جديداً هو علم الفرنولوجيا [شكل الجمجمة] الذي عرف نجاحاً كبيراً .

علم الصحة ـ بدأت الدراسات الصحية تظهر وتتميز . وأصبح بالامكان بعد الآن الكلام عن صحة الجيوش ، والصحة في المستشفيات والملاجىء ، وعن الصحة في السجون وعن صحة المقابر .

ولكن بوجه أعم تم درس الصحة المهنية ، والصحة المدرسية ، وصحة الاطفال ، والصحة الزوجية ، بل وصحة الدول . وعلى نفس الخط بدأت المدن الكبرى تعرف بعض الرفاه : حمامات عامة في انكلترا ، والمراحيض في باريس . الخ ونذكر نشر الكتب العامة لكل من فرانك وتيسو Frank . Tissot

وفي مجال الصحة المهنية ترك الايطالي برناردينو رامازيني Bernardino Ramaz-zini (1633-1714) أثراً علمياً عظيماً في كل المجالات (موربيس ارتفيكون ، مودين ، 1700) حيث درس كل أمراض الحرفيين في زمنه . وفيما خص الصحة في الجيوش ، نذكر الانكليزي ج . برنغل J.Pringle وفيما خص المستشفيات نذكر مواطنه جون هوارد John Howard الذي اجتاز أوروبا لكي يتزود بالمعلومات ، ونجح فيما بعد بفرض وجهة نظره . واهتم الفرنسي تورت Thouret بصحة المقابر ، وقام مؤلفون كثيرون ، بعد هـ . هاغينوت H.Haguenot ضد مخاطر الدفن في الكنائس .

وفيما خص التدابير الجماعية ضد الاوبئة ، يتوجب ذكر لنسيزي Lancisi الذي جفف مستنقعات بونتين Pontins ، وفي فرنسا اتخذت قوانين صارمة جداً وفرضت في زمن الطاعون تحت اشراف وإدارة مكاتب الصحة . وظل الحجر الصحي احدى الوسائل الأكثر فعالية . ونذكر ، للتذكير التشريع المضاد للسل الذي طبقته في ذلك الزمن جمهورية البندقية .

الطب الشرعي ـ لا يفسح الطب الشرعي المجال أمام الشروح كثيراً، لأن ذكرى ب . زخيا P.Zacchia ، في كل الاذهان ، تشل الجهود الجديدة التي بدت وبحق غير مجدية . ولكن الاهتمام انصب في فرنسا على الولادات المتأخرة ، وهذا ما تسبب بأدب غزير . في حين تدخل الجراح انطوان لويس Antoine Louis (1723-1792) في عدة دعاوى ، عكف مختلف المؤلفين على المسائل التي يطرحها الاختناق . وفي خارج فرنسا قلما كان الاطباء الشرعيون نشيطين الا في المانيا . وايجاد كراسي للطب الشرعي في المدارس الثلاث للصحة في الجمهورية الفرنسية ، دل على بداية عهد جديد بالنسبة الى هذا العلم .

IV ـ الجراحة

الجراحة العامة ـ وبدأ عهد جديد بالنسبة الى الجراحة التي خرجت أخيراً من سباتها الطويل، واخذت تسير في مسار صاعد من أكثر المسارات بهاءً وبرزت هذه الحركة بضخامة أكبر في فرنسا وخاصة في باريس حيث كان الاطباء قد احتلوا مرتبة متدنية جداً بفعل الاساتذة في الكلية . وكانت هذه الثورة قبل كل شيء من صنع ثلاثة رجال احتلوا تباعاً مركز الجراح الأول عند الملك ، فعرفوا كيف يدافعون عن زملائهم ويحصلون من اجلهم على كل الحمايات المطلوبة : جورج مارشال (1658-1736) Georges Mareschal ، فرنسوا لابيروني Francois de Lapeyronie (1678-1747) ، وج . بيشو دي لامارتينيار G.Pichaut de Lamartinière (1696-1783) . وارتكز هذا التصحيح على اعادة

تنظيم كلية الجراحة في باريس سنة 1724 ثم بعث وتوسيع امتيازاتها القديمة ، في سنة 1743 . ومذ ذاك أصبح للجراحين مدينتهم (سانتكوم) حيث كانوا يعلمون فنهم دون أن يستطيع الأطباء أن يمارسوا عليهم شيئا من الرقابة غير حضور بعض الامتحانات . فضلاً عن ذلك ، رفع الالزام القاضي بوجوب الحصول على المعلمية في الفنون من اجل إمكانية القيام بالدراسات الجراحية ، هذه الدراسات الى نفس مستوى الطب . وأصبح للجراحين الجدد حقهم الذي كان مقدراً جداً في ذلك الزمن وهو لبس الثوب الطويل . وعلى نسق باريس اصبح لمونبليه Montpellier كليتها سنة 1741 ، وتبعتها في ذلك مدن أخرى . وعلمت فيها الجراحة العامة تحت اسم « المبادىء » والتشريح وعلم العظام وأمراضها والعمليات ، ثم بعد ذلك بقليل علم القبالة ثم طب العيون . وفتحت في باريس ومونبليه مدرسة تطبيقية حيث كان التلامذة المتفوقون يتآلفون مع العمليات على الجثث التي كان يصعب الحصول عليها . وكانت الامتحانات شبيهة تماماً بامتحانات كليات الطب ، وكانت تتوج فيها بعد بأطروحة . وعلى كل حال لم يكن التكوين الجراحي موحداً ، وخارج المدن المزودة بوجود كلية ، لم تكن المدن الاخرى مزودة الا بمعلمين جراحين من مرتبة ادنى ، لم يمروا إلا بامتحان ابتدائي بسيط . واستمرت المستشفيات في المدن الكبرى في تخريج بعض الشبان الجراحين الداخليين الذين كانوا بعد 6 سنوات تعطى لهم شهادة المعلمية بعد امتحان واحد . وكان هذا الاسلوب في تخريج الاطباء الجراحين مرغوباً به بسبب الممارسة العملية فيه . وكان هذا التعليم الجانبي الهامشي قد بقي مستمراً بخلال الثورة الفرنسية ، وانتشر بسرعة في كل مجالات الطب . ويعتبر الشبان الجراحون الذين نالوا رتبة المعلمية في القرن الثامن عشر هم الاسلاف المباشرين الداخليين في مستشفيات فرنسا . وعزف صعود الوسط الجراحي ذروته سنة 1731 بتأسيس الاكاديمية الملكية للجراحة ، ويعود الفضل فيها الى مارشال Mareschal ولابيروني Lapeyronie وهذه الأكاديمية سبقت بكثير أكاديمية الطب . وفرضت الجمعية الجديدة نفسها سريعاً بفضل العناية في جلساتها ونوعية أعمالها . وكان مديرها الأول ج. ل. بتي J.L. Petit وسكرتيرها الدائم كان انطوان لويس Antoine Louis . وكان هذان الشخصان هما المحور العامل لهذه المؤسسة المهمة .

وفي الدانمارك ، حيث كان الجراحون عرضة لنفس التنكيل من قبل أطباء ، وكان رسول اليقظة الجراحية هو سيمون كروجر Semon Cruger . وكان الصراع مريراً ، يتخلله الخذلان ، ولكن كلية كوبنهاغ اضطرت الى الاستسلام عند انشاء اكاديمية للجراحة حيث اشتهر هنريك كاليسن Heinrich Callisen . وحصل تطور مماثل في بريطانيا . فظهرت كليات جراحة في لندن .وأدنبره ودوبلن Edimhourg et Dublin ، كما ظهرت اسماء عظيمة في مجال الجراحة البريطانية يومئذٍ . وأسس الاخوان جون ووليم هنتر John et William Hunter متحفاً ونظموا تعليم الجراحة .

وفي المانيا وبخاصة في بروسيا تقدمت الجراحة العسكرية تقدماً حقيقياً . وانشئت كلية طبية جراحية مزودة بكرسيين في برلين . ولكن الجراحة ظلت مستترة في البلدان الجرمانية الاخرى . وكان الامر كذلك للاسف في ايطاليا وهولندا رغم أن هذين البلدين لم يعرفا التفريق بين المهن الطبية

والجراحية . أما النمسا فقد بعثت نهضة خجولة حين انشأت مدرسة للجراحة الطبية في فينا . وظلت البلدان الشمالية واسبانيا في الظل . وفي القرن الثامن عشر توجه نشاط الجراحين نحو مجالات عديدة في الجراحة الكبرى والجراحة الصغرى . فدرست الجروح السطحية والخراجات والالتهابات السطحية والتقيحات المتنوعة والاكالات وجروح الرأس وجروح العيارات النارية . وفي عمليات البتر اعتمد اسلوبان : الاسلوب الدائري ذو الكم أو الدائري ذو الشق أو الشقين ، وتحددت التجاوزات بفضل توضيح افضل للتأشير العملياتي . وكذلك حصلت الجرأة من اجل تفكيك كل الاطراف باستثناء الورك ، وكان الوضوح أكبر ايضاً في تأشيرات المثقب . فاستؤصلت الخراجات ، بما فيها سرطان الثدي . وربط تنفّخ الشرايين فوق الجيب ، وتمت الجرأة على ملامسة المعدة وحتى المريء . وقامت دراسات عدة حول الفتوقات : فتم سد ثقب الفتق عن طريق الجراحة مع الايصاء بلبس المشد فيما بعد . ويتم الاخصاء في الفتق الفخذي وغيره من الفتوق .

واستؤصل الناسور المخرجي ، وكذلك التقرح الدملي رغم أن التقنيين لم يتفقوا على الاسلوب الذي يجب اتباعه . أما الكسور والخلوع فلم تنل الا استكمالات تفصيلية من حيث تخفيفها وضبطها ، بالمقابل عُرفت جيداً وبدقة تفاعلية التكلس انطلاقاً من غشاء العظم ، وهو أمر قد قضى على اخطاء مضت عليها قرون . وكانت الجراحة في العامود الفقري مطروحة ، وكذلك التجبير الذي ولد مع ن آندري N. Andry وآ . ج . فينيل A.J. Venel .

واقترنت اسماء العديد من الاطباء بهذه العمليات المتنوعة . نذكر بالنسبة الى فرنسا : پ . ج ديسوت P.J.Desault وكان تأثيره عظيماً على الاجيال الشابة ، خاصة بعد التعليم العيادي الذي قام به في اوتيل ديو في باريس ، وآ لويس A.Louis وج . ل بتي J.L.Petit ، أما في بريطانيا فكان آ . مونرو الابن A.Monro ، وج دوغلاس J.Douglas ، الذي كان أيضاً عالماً بالتشريح ، وبرسيفال بوط Percival Pott ، ووليم شيسلدن William Cheselden وكذلك جون ووليم هنتر John et William Hunter ؛ وبالنسبة الى ايطاليا : كان هناك : آ . سكاربا A.Scarpa ، وكان أيضاً عالماً ممتازاً في التشريح ؛ وفي المانيا كان لـ . هيستر وآ . ج ريختر L.Heister et A.G.Richter والعديد من الجراحين العسكريين الممتازين .

ونذكر بسرعة بعض النجاحات . فقد تعلم ف . شوبارت Fr.Chopart كيف يخلع الرجل ، في حين كان بتي Petit يفرق بين ضغوطات الصدمات في الرضوض الجمجمية ، ويصف وصفاً ممتازاً التهاب المرارة . وابتكر جون هنتر John Hunter ربط الشريان الفخذي ووصف القناة التي تحمل اسمه . وقام آ. سكاربا A.Scarpa و جمبرنات A.de Gimbernat باكتشافات مهمة تشريحية بمناسبة أعمالها الجراحية . ولم يتردد ف . لابيروني Fr.Lapeyronie في بتر عقدة معوية في حالة فتق مخنوق ، وأعاد بعدها المرور العادي . ووصف ب . بوط P.Pott وج ب . دافيد J.P.David ، بآنٍ معاً تقريباً « مرض بوط » في حين درس هـ . ل . دوهامل دو مونسو H.L. Duhamel du Monceau وب . فيغاروس B. Vigarous تفاعلية التوالد العظمي كما درس ت . غولار Th.Goulard الأمراض الاحليلية والزهرية .

التخصصات ـ كانت هناك عمليات اعتبرت حتى ذلك من اختصاص الجراحين الجوالين أو « الاختصاصيين » ثم الحقت بصورة تدريجية بالجراحين الحقيقيين . وأهم هذه العمليات كان استخراج الحصى ، والشق الجانبي . وهذه الطريقة التي استكملت بفضل الاسلوب الخفي الذي وضعه جان باسيلهاك (الاخ كوم 1703-1781) فضلت على الاسلوب الجديد ، أسلوب البضع الجانبي الذي كان يتطلب مهارة فائقة . وعادت انكلترا الى تفضيل أسلوب الشق القديم بين السرة والعانة ، اسلوب فرانكو Franco ، أو العملية العليا التي لم تفرض نفسها إلا في القرن 19 .

وعرف طب العيون نهضة كبرى يومئذ ونجح ايضاً في الحصول على كراسٍ في كليات الجراحة . ومن بين العمليتين الرئيسيتين ، التقرح الدمعي والسيلان . وعرفت الاخيرة ثورة تقنية حقة . في حين أنه منذ العصور القديمة كان يكتفى بتخفيض بلورة العين (كريستالن) ، اخترع الفرنسي ج . دافييل J.Daviel (1696-1762) اسلوب الاستخراج الذي قلما أصابه تغيير بعد ذلك .

وقد جرى الاهتمام أيضاً بعمليات تدخل اليوم في مجال اختصاص الاذن والانف والحنجرة ، مثل أورام الانف ، وترسبات التجويف الفكي ، وأمراض الفم والشفة المشقوقة . أما ترقيع الانف الذي نسب الى تغاليا كوزي Tagliacozzi فقد نسي تماماً .

وعلاج الاسنان فرض نفسه بدوره وخلص من المشعوذين في البونيف وغيره . وبعد ذلك سوف يهتم الاطباء والجراحون بفن الاسنان وسوف يذيعون نتائج بحوثهم في هذا المجال الذي كانت الكتب فيه نادرة جداً . وجرى تحسين الآلات وابتكرت آلات جديدة . وبذات الوقت ظهرت أولى النصائح فيما يتعلق بصحة الاسنان . فعولج التسوس، واستعملت الاسنان المستعارة الحيوانية والاصطناعية وظهرت أولى التركيبات وتميزت هذه الثورة الحقة بأن هذا التقدم هو أيضاً من صنع الجراحين كما هو من صنع الاطباء ، وهذا ما ساعد على التقارب المرجو بين المهنتين الخصمتين . وأخيراً كرست الثورة الفرنسية هذا الاتحاد باقامتها ثلاث مدارس للصحة أنشئت في 14 فريمر السنة الثالثة ، في باريس وستراسبورغ ومونبلييه .

فن التوليد ـ كان هذا الفرع من الطب قد حصل على استقلاليته منذ مئة سنة . وأصبح مركز القابلات ثانوياً ، كما رأى الجراحون أنفسهم منافسين ، أكثر فأكثر من قبل الاطباء في ممارسة هذه المهنة التي تخصص بها البعض . وحصل تقدم في المجال التشريحي النسائي ؛ ومن بين التجديدات الكثيرة ، درس الرحم في حالة الحمل .

وتم درس معالجة الحوض بفضل الفرنسيين ا . ليفري A. Levret وج.ب. بوديلوك J.B. Baudelocque (1745-1810) ووضعت توضيحات حول حركات الجنين عبر الممر الحوضي ، وحول مختلف الوضعيات التي يمكن أن يأخذها بحسب التمثيلات وقدمت من قبل بوديلوك Baudelocque ، وخاصة من قبل معلمه ف.ل. ج . سولاريس F.L.J. Solayrès من رنهاك . وأشار الانكليزي و. سملي W.Smellie بالتحويل أو القلب الأخدودي في حالات الالتحام السابق .

واكتشف ج . ر سيغولت J.R.Sigault السمفيزوتومي (الالتصاق) الذي عرف حالاً مؤيدين عديدين . في حين فضل آخرون عليه العملية القيصرية التي أعيد إليها مجدها وعرفت نسبة من النجاحات كافية .

لم يعد الملقط آلة سرية : لقد شاع استعماله وكلٌ يحاول استكماله . وفي هذا احدى الاشارات الاكثر تميزاً للفكر الجديد . وعلى نفس المستوى انشئت دور التوليد الأولى؛ بعضها كان بيوتاً بنيت بصورة خاصة لهذه الغاية ، وبعضها الآخر انشىء كأجنحة محجوزة في بعض المآوي . وأخيراً ظهرت الصحف المتعلقة بالولادة في آخر القرن . وعلى كل كانت فرنسا هي التي تحتل المقام الأول بالعناية بشؤون الولادة والتوليد تتبعها عن قرب انكلترا والمانيا .

V ـ الصيدلانية

لم يعرف علم الصيدلة ثورة كثورة القرن الماضي ، اذ لم تكتشف أدوية جديدة ذات مفعول عملي بمثل هذه الضخامة . بالمقابل جرى تحديد مؤشرات جديدة استطبابية لمستحضرات سبقت معرفتها وتفحّص الألماني آ. فون ستورك A. Von Storck خصائص الشوكران Ciguë والداتور Dature والأقونطين Aconit والسورنجان (الكولشيك Colchique) ، الخ . في حين استعمل الانكليزي وليم ويذرنغ William Withering (1741-1799) القمعية (Digitale) في الاستسقاء (Hydropisie) ، كما أوضح الايطالي ف. تورتي F. Torti معايير استعمال الكينا .

وكانت المستحضرات النباتية تحتل مركزاً قوياً في الإجزائية [تركيب الادوية] في حين تم التخلي بصورة شبه كاملة عن المستحضرات الحيوانية ، باستثناء مستحضر واحد رأى النور يومئذ ونجاحه لم يتزعزع منذ ذلك الحين ، إنه زيت كبد المورة (Morue) . ولكن المستحضرات شبه المعدنية كانت أكثر نجاحاً لقد حضّر الانكليزي توماس فاولر Thomas Fowler الزرنيخ السائل واطلق اسمه على هذا الشراب .وأشاع ت . غولار Th.Goulard استعمال مختلف المستحضرات من أساس الأسيتات الدنيا من الرصاص ومنها الماء الابيض . وعرف برتولي Berthollet بكلورات البوتاس وادخل الانكليزي ت هنري Th.Henry المنغنيز في الطب . أما الزئبق ، الذي ما يزال يستعمل في السفلس ، وهو اي السفلس غير مُفرق تماماً عن السيلان الابيض ، فقد استعمل بعيارات أقل ، والعديد من المؤلفين يُناهضون البحث عن استدرار اللعاب .

فضلاً عن مستحضرات التطبيب التجانسي ، والمغناطيسية ، والكهرباء ، نذكر شيوع استعمال الاستطباب المنتجعي Balneo Therapie بالمياه الحارة أو الباردة والحموية Thermalisme ، كما نذكر نشأة علم التداوي بالمياه ، وهو علم جديد يدخل بآن واحد في الكيمياء وفي الطب . في حين أشاع بوردو Bordeu ، استعمال مياه باريج Barèges وصنع ج . ف . فينيل G.F.Venel مياه سلتز Seltz

الاصطناعية ، أخذ بيع المياه المعدنية يزاحم التداوي بالمياه الحارة Thermalisme

VI ـ الحركة الطبية

لم يعد من الضروري تأريخ الحركة الطبية . فقد تكاثرت الاكاديميات في مختلف بلدان أوروبا وحتى في الارياف . وحده الطب الفرنسي ظلّ مستعصياً متخلفاً بسبب موقف كلية الطب في باريس ، هذا على الرغم من ان انشاء الجمعية الملكية للطب قد تم سنة 1776 بدونها ورغماً عنها ، وبفضل ج . م . ف . دي لاسُّون J.M.Fr.de Lassone (1717-1788) الذي انشأها ، وبفضل ف . فيك دازير F.Vicq d'Azyr الذي كان حافزها الرئيسي . وأطاحت الثورة الفرنسية أخيراً بهذه الرواسب . واتسع نطاق الصحافة الطبية وتضخم حتى ان احصاء مختلف الدوريات اصبح صعباً في حين اخذت تظهر أوائل الصحف المتخصصة .

ورأى التعليم الطبي تكاثر الكليات ، دون أن يتساوق عددها مع قيمتها . واحتفظت المدارس القديمة بكل مجدها ، وإذا كانت الجامعات اللاتينية قد رأت عدد التلامذة الجرمان يتدنى لصالح الكليات الالمانية ، التي كان بعضها ممتازاً ، إلا أن « العالم الجديد » ملأ الفراغ ، وبصورة خاصة أميركا الوسطى وأميركا الجنوبية .

في هذه الاثناء استمرت بعض المدارس في استقبال الطلاب من جميع انحاء العالم . تلك هي المدارس التي تقدم تعليماً عقائدياً . وهكذا كان من الشائع انتجاع ليد ، وهال ، وكوتنجن ، ومونبليه أو المدارس العيادية في فينا ، وليد ، وادنبرة ، وبافي الخ . واحتفظت مدارس أخرى بشهرة كبرى : باريس،ليبزيغ ، وبادو ، وبيزا ، وبولونية ، وبال وأبسال . ورأت أوروبا الشرقية ولادة جامعة موسكو وويلنا . وإذن فقد كان العالم الجامعي في أوج ازدهاره . أما بشأن الاساتذة ، فالملاحظات التي قيلت بالقرن الماضي ما تزال صالحة . فالاساتذة في فرنسا أكثر استقراراً ، منهم في غيرها ، حيث يخضعون عفوياً للاغراءات المتتالية من مختلف الكليات واصبحت الكيمياء أكثر قرباً إلى العلم منها إلى الطب إلا أن كليات الطب ظلت أهم مراكز تعليم هذه المادة التي دخلت حتى الى كلية الجراحة في باريس . وكذلك الحال بالنسبة الى علم النبات . الذي وإن استقل ، ظلّ يعلم في كليات الطب ، وظلّ يهم عدداً لا بأسه به من الاطباء . نذكر أيضاً ، أنه في النصف الثاني من القرن 18 ، نجح الصيادلة في استدراك التأخير الذي كانوا فيه بالنسبة إلى الجراحين منذ ما يقارب مئة سنة ، في حين أنهم ، أيام الثورة ، كانوا يجلسون إلى جانبهم في كليات الطب .

إننا نرى الآن كم كان كبيراً ما قدمه القرن الثامن عشر في بناء الطب الحديث . ان هذا القرن لم تكن له نفس الاصالة الكبيرة التي كانت للقرن الماضي ، ولكنه عرف كيف ينمي ويقوي الميول التي سوف تؤتي ثمارها من اجل خير البشرية جمعاء .

الفصل الرابع :
الزوولوجيا أو علم الحيوان

في آخر القرن 17 ، اعطى جون راي John Ray لعلم الحيوان شكلاً أكثر علمية ، فقد ادخل فكرة النوع وعرف دور التشريح في التصنيف الحيواني . هذا الحفز ربما حدد تقدماً برز طيلة القرن 18 وإذا كان تطور الزوولوجيا قد بدا أكثر بطئاً من تطور علم النبات ، فان هذا الفرق يفسر بموضوع هذا العلم بالذات : إن دراسة الحيوان اكثر تعقيداً ، وتجميع المواد بدا اكثر صعوبة .

I ـ وسائل الدرس

تقنيات المراقبة ـ كان ميكروسكوب ليونهوك Leeuwenhoek وميكروسكوب هارتسوكر Hartsoeker – ويلسن ، شائعي الاستعمال . وفي مجال المراقبات الميكروسكوبية ، كانت تستعمل البلورات المكبرة والعدسات المؤطرة ضمن اطار نظارات ، وهو تجهيز يترك لليدين حرية التحرك ، وبالتالي يتيح الملاحظة والتشريح ، ولكنه غير مؤات للرسم . وفي سنة 1745 ، صنع ب . ليوني P.Lyonet نموذجاً جديداً من العدسات المكبرة المزودة بنفس الامكانات ، وتتيح إضافة الى ذلك الرسم .

وشكل الرسم ، والتلوين والحفر مساعدات ثمينة بالنسبة الى علم الحيوان ، ومن بين الانتاجات الاكثر بريقاً في القرن 18 ، في هذا المجال ، نذكر المؤلف الفخم حول الفراشات وغيرها من حيوانات أميركا الجنوبية ، مؤلف حققه س . م . ميريان S.M. Merian في مطلع القرن . والرسومات والمحفورات الرائعة التي نفذها ب ليوني P.Lyonet لكي يزين بها أعماله الخاصة أو دراسات الزولوجيين الآخرين من أمثال ترمبلي Trembley وليبركون Lieberkuhn ؛ وأخيراً رسوم الطيور لـ ل . فريش L.Frisch وم . كاتسبي M.Catesbey وج . ادوارد G.Edwards ورسوم الضفادع لروسل فون روزنهوف Roesel Von Rosenhof .

المجموعات وصالات التاريخ الطبيعي ـ ان المجموعات الخاصة كانت في تلك الحقبة عديدة وكثيرة الكلفة . وبلغ الولع بمجموعات الاصداف ، الملحوظ في كل من فرنسا والمانيا ، أوجه في هولندا . وكانت صالة صدفيات ب . ليوني P.Lyonet ، في سنة 1762 تحتوي أكثر من 7000

قطعة ، وتعتبر الاكثر كمالاً حتى ذلك الحين .

واسس ج . ت كلين J.T.Klein في دانزيغ صالة تاريخ طبيعي حولت فيها بعد الى بايرث (Bayreuth) [في المانيا] .

وفي باريس ، نظم ريومور Réaumur (1683-1757) في بيته متحفاً مفتوحاً أمام الجمهور تجاوزت مجموعاته في أهميتها مجموعات صالة بستان الملك ، وبصورة خاصة الطيور التي كان مراسلوه المتعددون يرسلون له عيِّنات منها من كل ارجاء الكون . واهتم ريومور في تحسين تقنيات حفظ الحيوانات ، وترك عدة مخطوطات تتعلق بصالات التاريخ الطبيعي . وكانت مجموعته التي ورَّثها للاكاديمية الملكية للعلوم قد نقلت بموجب أمر ملكي (1758) الى صالة بستان الملك في باريس .

ونجح بوفون Buffon بعد أن خَلف دوفي Dufay كأمين لبستان الملك ، في زيادة المجموعات بشكل ضخم . وطلب من كل المسافرين ومن الموظفين ، في المراكز البعيدة ، أن يرسلوا حيوانات حية أو جلوداً ، ونباتات ، وأشباه معادن . وهكذا تلقى مواد ضخمة ـ مثلاً مجموعات مأخوذة من السنغال من قبل ادانسون Adanson ـ زادتها غنىً الهدايا المقدمة من قبل بعض الملوك . وكلف دوبنتون Daubenton بتنظيم المجموعات ، وشكل كتابه « وصف بستان الملك » (1749)أول عرض متحفي علمي . فضلاً عن ذلك ، أسست بداية حظيرة للحيوانات .

وفي سنة 1793 ، جمعت صالة وبستان الملك تحت اسم متحف التاريخ الطبيعي . واقرَّ فيها تعليم الزوولوجيا ؛ وأسند التعليم أولاً الى اتيان جيوفروا سان هيلير Etienne Géoffroy Saint-Hilaire ، ثم وزع بين هذا وبين لاسيبيد ولامارك .

وبعد التغلب على مصاعب عدة نجح ا . جيوفروا سان هيلير E.Géoffroy Saint-Hilaire ، في آخر 1794 ، وبصورة رسمية في الحصول على انشاء حظيرة مخصصة جزئياً للملاحظة العلمية . نذكر ، فضلاً عن ذلك ، ان حظيرة برنس دورانج أتاحت لـ ب . س. بالاس P.S.Pallas ان يدرس عدة أنواع جديدة أو معروفة بصورة غير كاملة .

رحلات علماء الطبيعة ـ في القرن 18 تتابعت الرحلات الكبرى ، وكثر عددها بصورة متزايدة ، وقام علماء الطبيعة المحترفون يشاركون فيها ، لجمع الوثائق الثمينة حول حيوانات غير معروفة ، ولتغذية المجموعات الخاصة ، والصالات والمتاحف .

ونظمت بعثات مهمة من قبل روسيا لاحصاء الحيوانات والنباتات والموارد الطبيعية ، في آسيا الوسطى وفي سيبيريا . وشارك في أولاها (1733-1742) النباتي ج . ج . جملين J.G.Gmelin والحيواني ج . ستيلر G.Steller وشارك هذا الأخير ايضاً بالرحلة الى كامشكا من قبل س . ب . كراشينينكوف S.P.Kracheninnikov ، وجمع معلومات غير منشورة عن الفقريات في تلك المنطقة . وبين 1768 و 1774نظمت بعثة علمية ضمت الحيواني ب . س بالاس وس . ج . جملين S.G.Gme-lin من قبل كاترين الثانية من اجل اكتشاف المنحدر الشمالي من القارة الآسيوية . ونشرت النتائج

المهمــة التي توفـرت لها في ثـلاثة مجلدات تحت عنـوان « رحلات عبـر عدة أقـاليم من الامبراطـورية الفارسية » (1771-1776) .

ومنـذ منتصف القرن 17 ، اهتمت أكـاديمية العلوم ، في الـدانمرك بسكـان ايسلندا وتـابـع ي. أولافسن E.Olafsen وب. بـوفلسن B.Povelsenهذه الـدراسـة من 1752الى 1757 . وفي كتـاب « ناشرتين فـون ايسلندا » (1746) وصفـ ج . انـدرسن J.Andersonورسم اجناس الحـوتيات والـطيور في المناطق الشمالية . وفي 1788 ، نشر ن . موهر N.Mohr موجزاً اجمالياً لتاريخ ايسلندا الطبيعي ، في حين نشر اوتو فابريسيوس Otto Fabricius سنة 1780كتاباً مهماً « فونا غرونلندا » .

وقدمت البعثتان الاوليان ، اللتان قام بهما جامس كوك James Cook في الباسفيك مستندات حول الحيوانات في أوستراليا (هولندا الجديدة) . وشارك ج. بانكس J. Banks ود. سولاندر D.Solander ، في البعثة الأولى (1768-1771) التي زارت زيلندة الجديدة وقسماً من اوستراليا . وقدما وصفاً للكانغورو الذي ظل اكتشافه، في سنة 1700، من قبل دامبيه، غير منظور. ووصف ج.ر. فورستر J.R.Forster الذي شارك في الرحلة الثانية لكوك (1772-1775) لحيوانات أميـركا الشمـالية بشكل خاص ، وحيوانات الهند الشرقية والصين . ويُذكر ايضاً أن جوزف جسيو Joseph Jussieu ، الذي ذهب سنة 1735 الى أميـركا الجنـوبية مـع بعثة جيـوديزيـة ظل فيهـا 35 سنة ، وان سـونيرات وكومرسون Sonnerat et Commerson شاركا في البعثات الى أوقيانيا التي قام بها بوغنفيل Bougainville (1766-1769) وبيروز Pérouse (1785-1788) .

وكانت أميركا موضوع إهتمام خاص . وتضمن « التاريـخ الطبيعي للسنغال » (1757) الذي وضعه ادانسون Adanson بعض الملاحظات من النمط الزوولوجي . ووصفت حيوانـات افريقيـا الجنوبية سنة 1712 من قبل ب كولب P.Kolbe ، وفي سنة 1787من قبل السويدي آ . سبارمان A.Sparman الـذي اهتم بشكل خـاص في انتيلوب ، بالـطيور والارضـات (Termites) . نذكـر أيضاً ، مع اشياء اخرى ، اكتشاف شواطىء أفريقيا الشمالية من قبل ت. شو Th.Shaw والمعلومات المهمـة التي جمعها ا . جيوفروا سان هيلير Et.Géoffroy Saint-Hilaire ، وج.ش . دي سافيني J.C.De Savigny والـرسـام الملون ب ج ردوتي P.J.Redoutéبخـلال بعثـة مصر التي نـظمهـا بونابرت ابتداء من 1798 .

وأخيراً درس ب . سونيـرا P.Sonnerat حيوانـات الهند ، والصـين وجزر الملوك . في حـين اكتشف ج . آ . اوليفيه G.A.Olivier آسيا الصغرى وفارس .

II ـ المفاهيم الجديدة في علم الحيوان

المنهجية أو التنظيم ـ بخلال القرون الماضية والعقود الأولى من القرن الثامن عشر بدا علم الحيوان ، بشكل خاص ، كسلسلة من أوصاف الحيوانات أو كحكاية اخذت تزول بصـورة تدريجيـة

لتحل محلها الملاحظات الدقيقة والاكثر جدية .

ويدل تكاثر المذكرات المخصصة للمنهجية اي للتصنيفات ، التي تهتم بمجمل المملكة الحيوانية أو المقصورة على صنف معين أو على رتبة معينة ، علـى الاهتمام ، من جانب جميع علماء الطبيعة ، في ترتيب هذا العالم الحيواني الكثير والمتنوع .

وكان المعلم الكبير في هذه المنهجية أو التنـظيم ليني Linné (1707-1778) ، الذي جـدد علم الحيوان ، وذلك بتمسكـه بوضـع تصنيف طبيعي (أو أقل اصـطناعـاً) يحترم التقـارب ، ويأخـذ في الاعتبار ، ليس الشكل الخارجي فقط بل التشريح الداخلي .

وقد اختيرت الطبعة العاشرة (1758) من كتاب ليني المسمى « النظام الطبيعي » حيث وصفت فيه 4370 نوعاً ، كنقطة انطلاق في التنظيم العصري ، كما اختيرت كمرجع لتطبيق الاسبقية في مسائل الجدولة الدقيقة . والى ليني يدين علم الحيوان في أنه جعل ، بمثابة قانون الجدولة الاثنينية المطبقة على كل الكائنات الحية[1] .

قسم ليني المملكـة الحيوانيـة الى 6 طبقات محـددة وكبرى ، وفقـاً للصفات التشـريحية : ذوات الاربع ، الطيور والقوازب (كالضفادع) الاسماك ، الحشرات ، والدود .

في الطبعة العاشرة استبدل ليني كلمة اربعيات بكلمة ثدييات أو الحيوانات ذات الثـدي . وقد اعتمدت هذه التسمية سريعاً . وصنف الانسان ضمن الثدييات وكذلك الحوتيات والوطواط . وهكذا كان ليني Linné أول من قدم مفهوماً واضحاً لطبقة الثدييات .

وقـام كثيرون من معـاصري ليني Linné بـوضـع تصنيفـات لا بـأس بصـلاحهـا ، من ذلـك أنـه في سلسلة مهمة من الكتب ومنها « النظام الطبيعي لعالم الحيوان » (مجلدان ، 1754 مترجم الى الفرنسية من قبـل م . ج . بريسـون M.J.Brisson) ، وضـع ج . ت . كلين J.T.Klein (1685-1759) تصنيفاً مصطنعاً لكل المملكة الحيوانية مؤسساً على الصفة الظاهريـة : وجود أو عـدم وجود ارجـل . والحيوانات ذات الارجل تقسم الى اربعيات أو اثنينيات أو متعددات الارجل . والحيوانات بدون ارجل تتضمن الزحفات أو الحيات ، والحيوانات ذات الزعانف ، والحيوانـات الشعاعيـة والحيوانـات ذات الشكـل غير الـطبيعي . واستمر هـذا التصنيف بشكل مصـطنع ، فـاصلاً مثـلاً الدببـة والقرود عن الثدييات الاخرى بسبب الاختلاف الموجود في ارجلها الخلفية وارجلها الامامية . أما الانسان فغائب عن هذا النظام . وادخل كلين تصحيحات متتالية على منهجيته في التصنيف ، ولكنه لم يراع مفهـوم النوع الذي سبق وحدده راي . وعدم واقعية مثل هذا التصنيف يثير العجب اليوم ولكن في زمن كلين

(1) انظر أيضاً الفصل الأوّل والفصل الخامس من هذا الكتاب .

Klein كانت اللهفة كبيرة لمعرفة الحيوانات بسهولة . ولهذا كان لنظامه أنصاره الذين دافعوا عنه .

واعتمد م . ج . بريسون M.J.Brisson في « جدول المملكة الحيوانية 1756الصفات التي استخدمها ليني ، ولكنه عزل الانسان وأقر تسع طبقات من بينها طبقات الحوتيات ، والاسماك ذات الغضروف ، والقشريات . أما ج . ب . ابرهارد J.P. Eberhard ، فبعد عزل الانسان ، صنف الحيوانات ضمن مجموعتين بحسب ما إذا كانت تملك أو لا تملك أعضاء حس تشبه اعضاء الانسان . واعتمد ج . ف . بلومنباخ J.F.Blumenbach مع بعض التعديلات تصنيف ليني . وأخيراً احتج ج . هرمن J.Hermann في « جدول المقاربات البيولوجية » ضد تمثيل وعرض المملكة الحيوانية ضمن سلاسل خطية عامودية ، واقترح توزيعاً بحسب خطوط شبكة . ولاحظ أن شكل قسم من الجسد يحدد شكل الاقسام الاخرى ، فأوشك أن يتنبأ بقانون العلاقات الشكلية .

الجغرافيا الزوولوجية ـ إن الحيوانات في مجملها العائشة في منطقة معينة أخذت تبرز . مثلاً حيوانات الدانيمارك (و . ف . مولر O.F.Muller) ، حيوانات بريطانيا (ت . بينان 1776 T.Pennant) ، حيوانات فرنسا (بوشوز 1776, Buchoz) ، ايطاليا الشمالية (سكوبولي 1786 Scopoli) ، حيوانات النمسا السفلى (كرامر 1756 Kramer) ، حيوانات هنغاريا (سفريني 1779 Severini) حيوانات الدانوب وروافده (مرسيغلي 1726 Marsigli) ، حيوانات روسيا (ب . س . بالاس P.S.Pallas) ، الخ .

وكانت العلاقات بين حيوانات مختلف المناطق في العالم ، وتشابهها وتفارقها غير مدروسة بعد بشكل مبحثي . ولاحظ بوفون Buffon وهو يتفحص توزيع الحيوانات في العالم ، وجود عدة مراكز متميزة في الجماهير الحيوانية : أميركا الجنوبية ، أميركا الشمالية ، أفريقيا الوسطى ، الهند ، افريقيا الجنوبية ، آسيا الوسطى وآسيا الشمالية وأوروبا ، واستراليا . وكلّ من هذه المراكز له حيواناته الخاصة . وقد لاحظ بوفون Buffon ان حيوانات العالم الجديد اذا قورنت بحيوانات العالم القديم « تشكل كطبيعة موازية جانبية ، أو كمملكة حيوانية ثانية ، تتطابق في كل مكان تقريباً مع الأولى » . من خلال هذه الملاحظات الصحيحة حول توزيع الحيوانات انشأ بوفون علماً جديداً جمع فيه علم الحيوان الى الجغرافيا .

هذا التوزيع الجغرافي لفت انتباه علماء الطبيعة أمثال شريبر جملين وزمرمن Schreber, Gmelin et Zimmermann . وقد حاول هذا الاخيران يقارن بين مختلف انواع الثدييات (1778) ، فبحث عن أصلها وعن هجراتها الممكنة .

III ـ جدولة الحيوانات

بخلال القرن الثامن عشر امتدت الجدولة الحيوانية حتى شملت كل المملكة الحيوانية . وبعض المجموعات استلفتت الانتباه أكثر من غيرها : الحشرات ، والاسماك والطيور . وأدت المراقبة الدقيقة

لبعض الانواع الى استنتاجات لم تحتج الى إعادة النظر بها . ولكن مؤلفاً فيها ، يستدعي الاشارة الخاصة نظراً لاهميته .

التاريخ الطبيعي : بوفون ـ صمم بوفون وحقق ، يعاونه العديد من المساعدين مؤلفاً رياديا : « التاريخ الطبيعي العام والخاص مع وصف لصالة الملك » وقد صدرت المجلدات الثلاثة الأولى من هذا الكتاب سنة 1749 فنالت اعجاب الجماهير بانشائها البراق وبأفكارها العامة . وأضيف الى المجلدات الست والثلاثين التي صدرت في حياة بوفون قبل 1789 والتي تعالج مواضيع الانسان ، وذوات الاربع والطيور واشباه المعادن ، ثمانية مجلدات نشرها لاسيبيد Lacépède وتتناول ذوات البيوض والحيات والاسماك والحيتانيات ، والتوابع ، وقد أعدها علماء في الطبيعة متنوعون .

كان بوفون خصماً لليني ، فلم يعتبر التصنيف كهدف اساسي في العلوم الطبيعية : وصف اولاً الحيوانات المنزلية الاكثر مؤالفة ثم الأجناس المتوحشة مبتدئاً بالحيوانات المفيدة للانسان فأعطي لكل نوع وصفاً تفخيمياً خارجياً ، متمماً بوصف تشريحي وضعه دوبنتون Daubenton . وهكذا فسرت أسس علم الحيوان الحديث ، وبذات الوقت جمعت مواد علم تشريحي مقارن .

البرزويات أو واحديات الخلية ـ في القرن الثامن عشر عرف ليونهوك Leeuwenhoek ظهور حيوانات ميكروسكوبية انطلاقاً من النقع ومن هنا كلمة نقيعيات ادخلها ليدر مولر Ledermuller . واكتشف العديد من الانواع (ايكهورن Eichhorn 1775 ؛ سبالانزاني 1772 Spallanzani) ، في حين نشر و . فبريسيوس O.Fabricius دراسة مهمة للدانماركي و . ف . مولر O.F.Muller حول نقيعيات المياه الحلوة والنقيعيات البحرية . ووصف آ . ترمبلي A.Trembley العديد من أنماط البوليب (المديخ) (فورتيسل ، دردورة) ستونتور (قرد) واكتشف تكاثر الهدبيات وتكون المستعمرات بالانقسام .

كولنتري (مجوفات البطن) ـ في حين زعم ل . ف . مرسيغلي L.F. Marsigli ، مؤسس المختبر البحري في كاسيس Cassis 1706 ، زعم سنة 1725 أنه بين الطبيعة النباتية للمرجان ، كان الطبيب المرسيلي ج . آ . بيسونيل J.A. Peyssonnel ، أوّل من أكّد على طبيعتها الحيوانية 1727 . وامتدت مفاهيمه فيما بعد لتشمل كل « الأجسام الحجرية » ، عرق اللؤلؤ (مادريبور) ، الميليبور ، ولكن تصوراته هذه لم تعتمد مباشرة ، دون أن ترفض في جميع الأحوال .

ومن جهته عرف آ . ترمبلي الطبيعة الحيوانية لهيدرات الماء الحلوة ، وحلل بنيتها وحركتها والوسط الذي تعيش فيه ، وغذاءها وأثر النور فيها وقدرتها على التوالد ، الخ . .

الدود ـ واسترعى الانتباه منشأ الدود المعوي يومئذٍ . وكان أغلب المؤلفين يعزون تكون هذا الدود الى الانسان الذي يأويه . وكانت أولى الكتب الوصفية حول الهلمنت (دودة معوية) قد نشرها ج . ا . ي . غويز J.A.E.Goéze 1782 ، وكانت ما تزال غامضة . واخترع و . ف . مولر كلمة « بلانير » (علقة ، دودة) ؛ وربط بهذه المجموعة النيمرتيات التي كانت أول نوع منها قد وصف

سنة 1758 من قبل بورلاس Borlase .

الـدوارات والمكـورات ـ وبفضـل الميكـروسكـوب اكتشف ليـونهوك المكـورات التي سبق أن سماها ترمبلي بوليب ذات الدولابين ، والتي ناقش كُتَّابٌ كُثُرٌ مـظهر دواليبهـا الدوارة . ووصف و . ف . مولر O.F.Muller حوالى 50 نوعاً منها .

الحزازيات وعضديات الأرجل (طوبيات من أشباه الديدان) :

كانت الحزازيات قد لوحظت منذ القرن 16 ، وأشار اليها غالتيري Gualtieri سنة 1742 . وتولى ج . اليس J. Elis وآ . ترمبلي A. Trembley وصف أنواعها المتعددة . أما عضديات الأرجل ، وقد سميت هكذا من قبل كوفيه Cuvier سنة 1802 ، بعد أن ظلت مدة طويلة ملتبسة مع الرخويات ، فقد تولى ب . س . بالاس سنة 1766 وصف أول نوع منها .

الرخويات ـ كان علم الصدفيات محترماً جداً . وقد سبقت دراسته دراسة الحيوان بالذات كما كانت موضوع نشرات مهمة : الصالة الجديدة لعلم الصدفيات المنهجي لمؤلفيه مارتيني وشامنيتز Martini et Chemnitz (11 مجلداً، 1769-1795) ؛ صحيفة نشرها ج . س . شروتـر J.S.Schroeter (12مجلداً 1774-1781) ؛ « القاموس الموسوعي حول الرخويات » وضعـه ج . ج بروغـير (1789) J.G.Bruguières فضلاً عن ذلك صنف ج . س . بـولي G.S.Poli الرخـويات سنـداً لاعضائهـا الحركية ، في حين قدم بالاس Pallas سنة 1768أفكاراً حول تصنيف الرخويات والحيوانات الدنيا . ونذكر أخيراً بالعمل العظيم الاستكشافي الذي قام به ريومور Réaumur في زوولوجيا عديمة الفقرات البحرية وذات المياه الحلوة .

الحشرات ـ أعلنت بعض الكتب الاصيلة التي نشرت في السنوات الاخيرة من القرن السابع عشر ازدهار علم الحشريات (الانتومولوجيا) في القرن الثامن عشر . فقد راقب فاليسنيري Vallisnieri نمو مختلف الحشرات (صياد النمل ، والنمس ، وقعشبان (حشرة شبيهة بالنملة) ، وكريوسيرة « الزنبق » الخ) في حين اهتم سلوان Sloane بالحشرات الاجنبية (1707) ، كما ان كتاب « مسـرح الحيوانات » لِـ ج . جونستون J.Jonston افسح مجالاً لعلم « الانتومولوجيا » . وبعد ان قدم ريني انطوان فرشوت دي ريومور René Antoine Ferchault (1683-1757) مساهماته المهمة في الترموتريا أو قياس الحرارة ، وفي صناعة المستحضرات الحديدية وفي البورسلين ، انصرف الى دراسة الحيوانات وخاصة الحشرات ، فراقبها بذكاء ملحوظ حتى أنه أسس حقاً علم العادات (ايثولوجيا) . واختار في كل نوع الاصناف التي تستحق أن تميز ، وعن طريق البحوث الـدقيقة والـواضحة قـام بتحليل دقيق لحياتها ولسلوكها ، مستبعداً كل لجوء الى الشهادات غير الموثوقة او الى الروايات الطريفة أو الى التصور الذي يجعل من الانسان هو المحور .

ومن سنة 1734 الى سنة 1742نشر ريومور المجلدات الستة من كتابه « مذكرات في خدمة تاريخ الحشرات » . وقد استكملت هذه المجلدات حديثاً بمجلدين آخرين نشرا سنداً لمخـطوطاتـه . ورغم

إيمانه بأهمية المنهجة ، فإنه لم يحاول اقرارها ، بل وضع الهيكلية الاولى لاول تاريخ إيثولوجيا للحشرات متفحصاً غالبية الاصناف : اليرقات والفراشات، القرع وشبه القرع ، والارقة وأعداؤها ، جرب النباتات وحشراتها ، مزدوجات الجناح وغشائيات الجناح (وبصورة خاصة النحل) ، الزرازير .

وأثر ريومور Réaumur تأثيراً عميقاً ووجه بحوث العديد من علماء الطبيعة الذين أغراهم هذا العلم الجديد السلوكي . وتخصص ج . آ . بازين G.A.Bazin في التشريح وفي فيزيولوجيا اليرقات . واكتشف شارل بوني Ch.Bonnet فيما اكتشف التلقيح الذاتي لدى الأرقات (1740) ، ودرس ب . ليوني P.Lyonet نوع حياة ، وتحولات الحشرات في ضواحي لاهاي (1736الى 1745) ؛ ويدل كتابه « الدراسة التشريحية لليرقة التي تأكل خشب الصفصاف » (1760) ، على عمق ملاحظته وعلى أمانة نقله . وتابع السويدي دي جير De Geer عمل ريومور في المجلدات الـ 7من كتابه « مذكرات في خدمة دراسة الحشرات » (1752-1778) حيث تم وصف أكثر من 1500 صنف .

نذكر أخيراً بعض التصنيفات الانتومولوجية المرضية نوعاً ما والتي قدمها ش . ج . جابلونسكي Ch.G.Jablonsky ، وج . س ، فبريسيوس J.C.Fabricuis ، وج . اليجر J.Illiger ، ونشر أولى كتب الحيوانات الانتومولوجية الوطنية : في انكلترا والمانيا وفرنسا والسويد .

الفقريات ـ في القرن الـ 16 و 17كانت الاسماك موضوع العديد من الدراسات . ولكن في بداية القرن الثامن عشر وضع السويدي ب . آرتيدي P.Artedi ، الذي نشرت مخطوطاته سنة 1738 من قبل ليني ، الاسس الحقيقية لعلم الاسماك كما وضع جدولاً تصنيفياً ما يزال مستعملاً . وهناك دراسات أخرى مهمة تعود الى هـ . ل . دو هامل مونسو ، H.L.Duhamel du Monceau ، وآ . بروسوني A.Broussonet ، وم . ي . بلوخ M.E.Bloch ، وآ . ل . مونرو (1785) Al.Monro ، ولاسيباد Lacépède (التاريخ الطبيعي للاسماك ، 1798-1803) .

في حين كانت السمندلات Salamandres السقايات والضفادع بالتتالي موضوع أعمال دوفي Dufay ، وروزل دي روزنهوف Roesel de Rosenhof ، قام ج. لورنتي J. Laurenti (1768) ولاسيبيد Lacépède (1788) يقترحان تصنيفات جديدة للزواحف .

وقد ازدهرت دراسة الطيور نوعاً ما . وتولى الالماني لـ . فريش L.Frisch وصف العديد من الطيور في أوروبا الوسطى والمانيا . وقدم ب هـ . ج موهرنغ P.H.G.Moehring (آفيون جنيْرا 1752) وم . ج بريسون M.J.Brisson (1760) تصنيفات جديدة ، منها « اورنيتولوجيا = مبحث علم الطيور » لهذا الاخير . وهذا المؤلف افاد من بحوث ريومور ، ومن المواد التي جمعها منذ 1740 ومن اللوحات التي أمر بحفرها . وبعد تحويل مجموعة ريومور الى بستان الملك في باريس استخدمت أيضاً في اعداد كتاب بوفون .

وجرت محاولات تصنيف مصطنعة نسوعاً ما للثدييات من قبل ج . س . شريبر J.C.Schreber ، وت . بينان T.Pennant (1771) ج . س ، ستو G.C.Stow (1780)واتيان

جيوفروا سان هيلير Et. Géoffroy Saint-Hilaire وكوفيه Cuvier . فضلاً عن ذلك درست أنماط خاصة من الثدييات لأول مرة . ووصفت أحاديات المسلك ، والنضناض وخلديات الماء من قبل شو Schaw (1799) ، في حين كانت الجرابيات موضوع عمل مشترك من قبل اتيان جيوفروا سان هيلير Et. Geoffroy Saint Hilaire (1796) . وكان الموضع المنهجي للحوتيات والسيرينيات (حيوانات لبونة) موضوع العديد من المناقشات .

وأخيراً نشير الى الدراسة الممتازة المخصصة للقواضم من قبل ب س . بالاس (1778) .

الانسان ـ حاول بوفون في « التاريخ الطبيعي للانسان » (1749) ان يثبت وحدة الانسان . وقد اعترف بأربعة أجناس : الاوروبي ، والاثيوبي (الحبشي) ، والمغولي ، والاميركي . واعتبر أن«الانسان الابيض في أوروبا، والاسود في افريقيا ، والاصفر في آسيا ، والاحمر في أميركا ، ليس إلا إنساناً واحداً لوَّنهُ المناخ » . وتنتج التنوعات البشرية من تفاعل ثلاثة عوامل : المناخ ، التغذية ، وأسلوب المعيشة ، وفي حين نشر ب.س . بالاس دراسة مفصلة عن العرق المغولي ، اعتبر ف بلومنباخ ، سنة 1775 ، الاعراق البشرية تنوعات من جنس وحيد . والاهمية التي أعطاها للجمجمة جعلت منه احد طليعيي علم الجماجم العرقية . وفي حين اعتبر بالاس في تصنيفه (1779) ان الانسان هو فاتحة طبقة الثدييات ، اعتبر م . ج.بريسون وت.بينان ، أن الانسان يشكل طبقة على حدة .

وشبه ب كامبر P.Camper تشريح الاوران ـ اوتان Orang-Outan بتشريح الانسان . واجرى قياسات جمجمية واكتشف أهمية الزاوية الوجهية في مختلف الاعراق البشرية . وأخيراً ، وفي سنة 1795 ، لخص س . ف لودويغ C.F.Ludwig التاريخ الطبيعي عند الانسان ، كما ظهر في أواخر القرن 18 .

في القرن 18 ، كانت نهضة الزوولوجيا(علم الحيوان) بارزة : لقد تحسنت معرفة الانواع الحيوانية في حين اخذت ترتسم توجهات جديدة ، تفتحت في القرن اللاحق .

وكان الميل الى التاريخ الطبيعي كثير الانتشار . فكان الناس معجبين بالطبيعة ، وبجمالها ، وصنعتها وفائدتها وفتنت بعض الأعمال الناس بشكل خاص مثل « مشهد الطبيعة » لـلاباتي ن . آ . بلوش N.A. Pluche (1732)، و« مذكرات » ريومور Réaumur ، و« التاريخ الطبيعي » لبوفون Buffon . وزيادة على قيمته الجمالية ، اعطى البعض للتاريخ الطبيعي قيمة دينية : من هؤلاء الفيلسوف ج . ج سولزر J.G.Sulzer ، الذي كرس كتاباً لجمالات الطبيعة ، والراعي ف . ش لسّر F.C.Lesser ، مؤلف كتاب « علم الحشرات » (1735-1738) وكتاب « نستاسيو ـ تيولوجي » (1744) ، ومؤلفون آخرون بحثوا في التأملات الدينية حول الطيور (ج . هـ . زورن 1742, J.H. Zorn) ، أو حول الأسماك ج . ج . أوهنفلشريختر 1734,J.G.Ohnefalschrichter) ، الخ .



الفصل الخامس :
علم النبات

في علم النبات قلّما كان القرن 18 الا تطويراً للقرن السابق . فقد وجد فيه ازدهار كامـل ـ اذا وضع التشريح جانباً ،حيث برز تعب اكيد ـ للمجالات العلمية الكبرى التي رأيناها تتجسد : علم التصنيف ، الفيزيولوجيا ، البيولوجيا الجنسية (= علم الاحياء) . وهي لم تنتشر فيه وتتقدم بخطوات الجبابرة . وإذا كانت الاصالة غير متوفرة في المواضيع وفي المناهج ، فإنها تنوجد في الأهمية المعـطاة في تنفيذ هذه المناهج ، وفي الاكتشافات التي أدت اليها وربما أكثر من ذلك أيضاً في تجديد المفاهيم . إن عصر ليبنز Leibniz ونيوتن Newton ليس هو بالتأكيد وراء عصر ديكارت من حيث جرأة الفكر ولكنه أكـثر تعقيداً . من هنـا ظهور التنـاقضات العميقـة والخصبة حيث ظهـرت إقامـة أو ـ في حال عـدم وجودها ـ مجرد محاولات للتعريف ببعض المفاهيم أو النظريات ذات الأهمية الرئيسية مثل مفاهيم النوع والـوراثة والتحـولية والبيـولوجيـا ، أو حتى الانتقـاء الـطبيعي أو وحـدة الخليـة (ش . ف . وولف C.F.Wolff) .

وكان جهد هذه الحقبة هو جهد توضيحي عام فيما يتعلق بفهم الطبيعة : لقد سعى هذا الجهد الى « وضع » اسس عامة للبيولوجيا . وفي هذا العصر المحوري ازدوجت الحركة الديكارتية ، سائرة بالتوازي مع ما تبقى من الحركة الذرية القديمة ، وتداخلت مع فكرة جديدة : لقد كان ليبنيز Leibniz مؤثراً باستمرار في كل القرن ، وبصورة خاصة بفعله .اتسمت بعض الانشقاقات مع البيولوجيا الديكارتية ، جالبة الاغتناء الحاسم وكذلك التراجع بآن واحد .

وشارك علماء النبات مشاركة ناشطة بالبحوث الكبرى في تلك الحقبة . وكان الكثيرون منهم ، العيـدين بهذا الشـأن عن أمثال بـوفون Buffon او أدانسون Adanson ، من رجال الـدين أو من المتدينين العميقين (هالس Hales ، ليني ، آل جوسيو ، بريستلي ، كولروتر ، سبرنغل ، بوني Bonnet ، وسيبييه Senebier الخ) ، ولكنهم جميعاً انقادوا طائعين وراء البحث الايجابي ، وأحياناً أبعد من كل تروٍ . فقد كانوا (أي علماء النبات) واثقين من العلم ، ولذا كانوا يطلبون منه أن يثبت إيمانهم أو فلسفتهم ، حتى ولو على حساب التسـويات التي لا حدود لها فيما يتعلق بالتيولوجيا أو بالمبادىء التي يؤمنون بها .

والمؤرخون اليوم متفقون عموماً : فالمفاهيم المشجوبة اليوم ، في أشكالها الموجزة ، مثل مفاهيم الثبوتية ، وسبق التكون والحيوية ، والغائية ، كانت في أغلب الاحيان ، في إطار القرن الـ 18 ، تقريبات ضرورية من الحقيقة ، كما كانت خميرة تقدم مهم . كتب هوسكين Hoskin 1961 « في معرض الكلام عن هالس : العلم هو مهنة دينية ، وفي كتاب « فيجيتابل ستاتيكس » انتباهنا مشدود دائماً نحو ما كان هالس يراه كمقصد وغاية للطبيعة.» « ليمجدك كل ما خلقت من البداية الى النهاية » كتب ليني ، ابن القسّ ، متوجهاً إلى الله ، ولكن كتابه ، هل يمكن أن يكون شيئاً آخر إلا قاعدة لثبوتية راسخة لا تتزعزع ؟ . . .

ولانه كان مؤمناً ، وكان يعتقد بعمق بالتناسق المقرر سابقاً ، في حين أن فكرة الاصطفاء الطبيعي ليست عملياً ، حتى ذلك الحين واردة ، الامر الذي حمل سبرنجل Sprengel على كتابة واحدة من أنقى تحف الادب النباتي . ولانه متمسك ، مثل هالر مواطنه العظيم السويسري ، من اجل سبق التشكل ، وهو مفهوم ضروري قبل مفهوم النظرية الخلوية ، أكرر لانه متمسك بهذا رفض الراعي فوشر Vaucher الخلق الفجائي في مملكة الالفيات بحيث استطاع أن يقرر وجود التناسل الجنسي لدى هذه الكائنات . وإذا كان لامارك Lamarck قد تجاوز بوفون Buffonفلان فكرة حيوية (بمعنى من المعاني) تتلائم بصورة أفضل ، في أواخر القرن الـ 18 ، من المادية الميكانيكية في محاولة لفهم الاشكال العضوية وعلاقاتها .

لا شك ان سيجيسبك Seegesbeck (1737) يغطي وجهه تجاه فكرة غزارة اللقاح بالنسبة الى عدد البويضات ولا يمكنه أن يعتقد أن مثل هذه الاباحة المشينة يمكن أن تكون من صنع الكلي القدرة (راجع ر . ش . اولبي R.C.Olby ، اصل المندلية ، نسبة الى مندل ، 1966) . ولكن المؤلفين الكبار لم يكن لديهم مثل هذا الحرج ، فلم يشكل الله بالنسبة اليهم اية عقبة . كان ليني يؤمن بالخلق الحالي للانواع الزائلة . وفي نظره يسمح الله للطبيعة بأن تلعب . وكان يقبل أيضاً بنظرية نصف تطورية قائمة على نوع من التخصيص في التزاوج . وهذه النظرية كذبتها بحوالي 1765 ، الاعمال النباتية التي قام بها كولروتر Kolreuter ، إضافة الى أعمال بوفون حول التهجين في الحيوانات : إن التلاقي لا يؤدي إلا الى عقم المهجنات .

ويذكر هنا ، كأمر ملفت تماماً ، مسار الافكار بالذات ، فيما هي فيه من تناقض . وعند البحث ، بقصد التصنيف من أجل وضع تعريف للنوع ، وبعد التوصل في هذا الشأن الى استخلاص فكرة التناسل كمعيار اساسي يعتبر القرن الـ 18 مرحلة ، ولكنه يحرم نفسه بذات الوقت من إمكانية فهم للعلاقات الحقيقية القائمة بين الكائنات الحية وهذا الفهم للنوع اقتضى يومئذ ، رفض التحولية بالفعل (راي ، بوفون ، كولروتر ، بالاس ، . . . Ray, Buffon, Kolreuter, Pallas) ـ وضع اتخذه ايضاً أدانسون Adanson بعد 1763 . يقول كولروتر Kolreuterاي ابهام وأي غموض إذا أمكن خلق أنواع ، على الهوى والمشيئة ، عن طريق التهجين .

وبعد راي بقرن من الزمن ، إنما بعد رفض كل التصنيفات بأنواعها حتى فكرة النوع ، ثبت

لامارك التغيرية . والتناقض لن يحل الا مع داروين الذي عرف كيف يبعث فكرتي النوع والتحولية ، كما اخذ منها الاستكمالية الضرورية . ولكن فاته التكامل في فكرة الوراثة الجزيئية التي وضعها موبرتوي Maupertuis . وطيلة القرن الـ 18 الذي كان يعتبر كبؤرة للبيولوجيا انبثقت الافكار وتصادمت ، وتكاثرت الأعمال وكذلك المشاكل تحددت ضمن الفوضى والتناقضات ذات الاصول الكبرى . ولكن كيف يمكن ضمن هذا الابداع اللاواعي والعظيم ، إجراء مسح في ما يعود الى علماء النبات من جهة وإلى علماء الحيوان من جهة اخرى ، وحتى الى الفيزيائيين والكيميائيين عندما كانوا في أغلب الاحيان من أمثال هالس وليني وهالر ولامارك علماء نباتيين كاملين ، بل وأحياناً مفكرين وفلاسفة أو شعراء (هالر) ؟ .

لقد وضع القرن الـ 17 تصميماً لعلم مشترك بين النبات والحيوان . وتخصص القرن الـ 18بهذا الشأن الى درجة ـ مع إعطائه ، مع بوفون أبعاده الزمنية ـ أخذ معها الأمر بالفعل مداه وحصل على اسمه . إنه في القرن الـ 18 تكونت بنية المعرفة البيولوجية .

I ـ علم المنهجية

ليني والتصنيف العائد إليه ـ سيطر اسم السويدي شارل ليني (كارل ليناوس Carl Linnaeus = كارل فون ليني 1778-1707, Carl Von Linné) على كل تاريخ علم النبات في القرن الـ 18 . كان والد ليني راعياً بروتستنتياً ، ودرس ليني الطب في مدينة لاند أولاً ، ثم في أبسال . وكان موهوباً بعبقرية تجريدية خالصة ومبكرة ودقيقة بشكل فريد . وقد انصرف منذ 1729 الى هوايته الناشئة هواية التاريخ الطبيعي وبصورة خاصة علم النبات . وكان وسيبقى فناناً وجمالياً ومتعصباً للمعرفة المجردة . وكان يرى العالم كعطاء مدهش يتوجب تأمله ، ولكنه لا يكشف عن نفسه ، في عزمه العجيب إلا بعد بذل الوقت والانتباه : من هنا الحاجة الى تسمية الاشياء ووصفها ، ومن أجل الوصول الى ذلك لا بد من ترتيبها : من هنا الضخامة التي لا مثيل لها في هواية ليني للتصنيف . إننا نعلم أنه انطلق من سيزالبينو Cesalpino ومن جون راي ومن تورنفور Tournefortوأدعى ساش Sachs وآخرون ان ليني بعقليته المدرسية لم يكن يستطيع فتح أي منظور على العلم الحديث . وهذا صحيح . ولكنه كتب ، مع ذلك ، كتاباً يبقى كأحد المعالم الاكثر وزناً في الفكر الابداعي ، الفكر الذي بقي مهماً حتى القرن الـ 19 .

لقد نشر ليني الكثير . فعدا عن كتابه الشهير « النظام الطبيعي » (1735) ، والكتب الاساسية وهي : « أساس البوتانيك » (1736) ، « طبقات النباتات » (1738) ، « الفلسفة النباتية » (1751)، يجب أن نذكر أيضاً : « المكتبة النباتية » (1736) ، « الانتقاد النباتي » (1737) ، « طبقات النباتات » (1737) (طبعة خامسة سنة 1754) ، هورتوس كليفورتيانوس (1738)« أنواع النباتات » (1753) ، « امونيتات أكادميكا » (1749-1769) .

قبل أن يكتب ليني سافر كثيراً . فمنذ كان عمره خمساً وعشرين سنة سافر الى لابوني على الخيل . وكانت رحلة لا تنتسى تركت لنا ، عدا عن قصة ، كتاباً جميلاً جداً « فلورا لابونيكا » (1737) . وبعد أن اجتاز المانيا ، بعد 1735 ، عاش في هولندا حيث التقى المشرع القانوني كليفورد ، وبعض كبار علماء الطبيعة أمثال : ج . ف . غرونوفيوس J.F.Gronovius ، مؤلف ـ مع جان كليتون J. Cloyton (1694-1773) ـ « فلورا فيرجينيكا » (1739,1743-1762) ، وهرمان بورهاف Hermann Boerhaave الذي حسن الوصفات النوعية لتورنفور ورجع ليني الى السويد سنة 1738 ، ولكنه قطع انكلترا وفرنسا ، واتصل بالطبيعيين الاكثر شهرة : ج . د . ديلن J.D.Dillen ، وسيرهانس سلوان Sir Hans Sloane ، والاخوين انطوان وبرنار دي جوسيو Bernard et Antoine Jussieu .

ووصل درس كاميراريوس المدهش ، حول تزاوج النباتات الى ليني Linné الشاب بواسطة مذكرة س . فايان S.Vaillant (1717) ، تلميذ تورنفور Tournefort في بستان النباتات في باريس . وتفاعل الدرس في نفسه في الحال ،وكان نوعاً من العجيبة ، بدون شك : لقد ولد النظام الجنسي . وفي كتاب « نظام الطبيعة » (1735) عرض ليني Linnéمبادىء أسلوب التصنيف الذي قرر ان يعتمده ، فكان هناك مجرد تصميم من حوالى عشر صفحات ، ولكنه طبع اثنتي عشرة طبعة متتالية كان آخرها ، في أربعة مجلدات (1766-1788) ترجم الى عدة لغات .

وارتكزت المنهجية ، المسماة النظام الجنسي ، على عدد السُدات (الإيتامينات Etamines) (وحيد السداة أو الاسدية . . . متعددية الاسدية) ، وعلى نسبتها الى بعضها (وحيدة الحزمة ثنائية . . متعددة الحزمات) وكذلك على نمط الجنسانية : نباتات ذات زهرات خنثوية أو وحيدة الزوج او ثنائية أو متعددة الازواج ، أو ذات جنسانية خفية ومجهولة . ولم يتدخل عدد البويضات الا بصورة ثانوية (وحيدة البيضة ثنائيتها . . .) .

وهذا الاسلوب مصور في ترسيم مدهش ، يؤدي الى الاعتراف السهل ، 24 طبقة مقسومة الى اسلاك أو أصناف . وهو على علاته ، سلب اعجاب علماء النبات في ذلك الوقت الذين كانوا قد أنقسموا بين معجب ، مثل العديد من طلاب ليني (هاسل كيست ، تورن ، أوسبك ، لوفلن ، نبرغ ، فورسكال ، صولندر ، غليدش ، الخ Hasselquist, Torén, Osbeck, Loefling, Thunberg, Forsskal, Solander, Gleditsch) . او الى خصوم أمثال (سيجسبك ، لودوغ ، ج . س . فبريسيوس ، هيستر ، سكوبولي ، وهالر Siegesbeck, Ludwig, J.C.Fabricius, Heister, Scopoli et Haller) . كما ان هذا الاسلوب اعطى ليني Linné شهرة ضخمة أتاحت له أن يفرض اصلاحاً جديداً ، أكثر أهمية ، وبموجبه يتوجب على كل الكائنات الحية بعد ذلك أن تعين باسم يدل على نوعها ، وعلى صفة هو الجنس : والكل باللغة اللاتينية . وإذا كان تصنيف ليني قد ترك ، فإن جدوله الاحصائي قد فرض نفسه بصورة تدريجية وما يزال معتمداً عالمياً .

فضلاً عن ذلك توصل ليني ، بفضل حرصه على تمييز الزهرة وتسميتها بالاستعانة بصفات

مأخوذة منها، استطاع أن يُغني بشكل ضخم، وأن يحدد المعجمية التقنية لصنافة النبات . وهكذا اعتبر أكبر مصلح في علم تسمية الأزهار وفن الوصف .

لهذه الاسباب جميعاً ، عرف ليني المجد في حياته ، فأعطى لقب النبالة من قبل ملك السويد ودفن عند موته الى جانب الملوك في كاتدرائية ابسال .

كان في التصنيف السائد في القرن السابع عشر وخاصة عند تورنفور Tournefort ازدواجية نشأت عنها الحركتان الكبريان في القرن الثامن عشر : الحركة الاولى وبلغت ذروتها عند ليني Linné ، والثانية عند الأخوين جوسيو Jussieu وعند أدانسون Adanson. بالنسبة الى هؤلاء الأخيرين تعتبر الطريقة او الاسلوب من فعل الطبيعة ولذا فهي ولحدة وموضوعية . أما ليني فيراها وسيلة يصنعها الانسان : إنها وسيلة تتيح معرفة وتسمية الانواع والاجناس . وقد نجح ليني Linné في المهمة الصعبة فوضع طريقة هي الأبسط والاوضح والأنفع التي يمكن تصورها . وهذه الطريقة أسسها على تصور لا يعطي ، خيارياً ، أي مكان للتسلسلية الطبيعية فوق مستوى النوع ، إنها طريقة مصطنعة خالصة ، وهي تمثل تراجعاً ضخماً ، ولكن في اللحظة التي تدفقت فيها من كل صوب المجموعات الجديدة ، انقذت طريقة ليني علم النبات من الوقوع في الإبهام . فضلاً عن ذلك لقد بينت بطلان البحث عن أنظمة مصطنعة . وقد حارب ادانسون ، وهو المتلاعب القدير المدهش بالصفات ، ليني بدون هوادة ولكنه عرف أيضاً كيف يستفيد تماماً من درس المأزق الليني .

ومن خلال النظام الجنسي ، وبعد أن خلق بشكل خاص طبقة الكريبتوغان أو النباتات بدون أزهار ظاهرة مثل البقليات (خنشار ، طحالب ، فطر) ، قدم ليني ، نوعاً ما نظرية حول الجنسانية النباتية معممة . لقد تجسدت فرضية الجنسانية العامة للكائنات الحية : وهي سوف تكون خصبة الى أقصى الحدود (هدويغ Hedwig ، وفوشر Vaucher الخ) .

ربما كانت هي الحكمة ـ ما لم تكن الجنون ـ والعبقرية متحدتين هما اللذان صنعا الصنيع الليني العظيم والزائل بآنٍ واحد . ولكن ليني كان بعيداً عن سوء الفهم ، فعرف الرسالة المزدوجة ، رسالة تورنفور : فحاول أيضاً أن يضع الطريقة الطبيعية . ومنذ 1738 (اجزاء الطريقة الطبيعية) ، ميز 65 مجموعة . وصمم (الفلسفة النباتية 1751) تصوراً عاماً للمملكة النباتية مقسومة الى ثلاث طبقات : عديم الفلقة ، وحيد الفلقة متعدد الفلقات . وكان هذا هو أساس أعمال آل جوسيو Jussieu .

برنار وآ ـ ل . دي جوسيو Bernard et A.L de Jussieu ، ادانسون Adanson والتصنيف الطبيعي ـ تقاسم النباتيون الفرنسيون ادانسون وال جوسيو Adanson et Les Jussieu مجد وضع الاسس لهذا التصنيف الطبيعي الذي اراد ليني تحقيقه بنفسه .

وعائلة جوسيو التي تمثل بخمسة أشخاص مشهورين هم : انطوان وبرنار وانطوان ـ لوران وجوزيف وادريان Antoine, Bernard, Antoine-Laurent, Joseph et Adrien ، قدمت للمنهجية أكبر الخدمات . وقد ربط برنار دي جوسيو (1699-1777) ، بصورة خاصة اسمه بهذه

المنهجية . فقد كان مساعداً للدليل في بستان الملك، وقضى هذا العالم المتواضع ذو المزاج التاملي ، ساعات طويلة صامتاً في غرفة عمله برفقة ابن اخيه انطوان لوران . وبعد أن كلفه الملك لويس الخامس عشر أن يغرس بستاناً في قصر بوتي تريانون، اعتمد لاول مرة ترتيباً طبيعياً في التصنيف . ونحن قلما نملك عنه غير ثلاث نشرات : الأولى حول الحبّانيات ، والثانية حول أزهار « لمنا » والثالثة والأخيرة تؤكد الطبيعة الحيوانية لزوانتير التي كشفها من قريب بيسونيل Peyssonnel .

إن انطوان لوران دي جوسيو (1748-1836) هو الذي نجح مع ادانسون مبدأ التصنيف الطبيعي . وطبقه لأول مرة ، سنة 1779 ، « في فحص أسرة الحوذان Renoncules » ، وفيه بين أنه ، رغم فوارق الشكل والبنية والتناظر التي يمكن لحظها بين ازهار مختلف أشكال هذه الاسرة ، هناك صفات مشتركة تتوافق مع روابط القربة ، وتتيح ربطها بنفس العائلة الطبيعية . وقد عرض الخطوط الكبرى لهذا التصنيف ، سنة 1789 في كتابه « جنرا بلنتاروم » : وميز فيه 3أقسام ، بدون فلقة بفلقة واحدة وبفلقتين . والنوعان الاخيران قسما على التوالي الى 3 والى 11مرتبة بحسب موقع الأسدية بالنسبة الى المبيضات (وحيدة الفلقة ، وثنائية الفلقة تحت مأنثية ، محيطية وعلوية) أو ، في ثنائية الفلقات وحدها ، وفقاً لسمات مأخوذة من التويج (بدون بتلة ، وحيدة البتلات متعددة البتلات ؛ تويج تحت مأنثي ، محيطي أو علوي) .

وعرف جوسيو حوالي مئة عائلة ما تزال مقبولة حتى اليوم وأكثر من نصفها لم تتغير بعد ذلك . واصبح استاذاً في الموزيوم (المتحف) سنة 1793 فأمضى أواخر سني حياته في استكمال عمله[1] .

وكان اسلوب جوسيو ، ومهما كانت متأخرة المبادىء المسبقة التي ارتكز عليها لتبريره ، فإن هذا الاسلوب او هذه الطريقة ادخلت بعداً . فقد أضاف الى مفهوم النوع والجنس الطبيعيين ، المقررين نهائياً من قبل ليني ، مفهوم العائلة الطبيعية (بفضل ماغنول) ، وحتى مفهوم الاقسام العليا المرتكزة على بنية الحبوب ، وهو مفهوم قدمه راي . ومن التسلسل المعروض بهذا الشكل استخرج مفهوم التقدم في التنظيم وهو مفهوم سيكون اساسياً في عمل لامارك Lamarck .

وبذات الوقت شغل البحث عن طريقة طبيعية تلميذاً لبرنار جوسيو هو ميشال ادانسون (1727-1806)إنما باتجاه مختلف تماماً.كان أدانسون تلميذاً لتورنفور ولبوفون فشهّر بصناع الأنظمة

(1) خلف انطوان دي جوسيو Antoine de Jussieu (1686-1758) وهو الأخ البكر لبرنار ، تورنفور في بستان الملك . ونشر ما حصل عليه ب . باريلي P. Barrelier ، وكذلك العمل الفرنسي الأول حول علم المتحجرات النباتية المتعلقة في بصمات النبتات الملاحظة في سان شامون . وقد اهتم أيضاً بالنباتات الأجنبية ، وخاصة بشجرة البن . وكان أخوه الذي يليه جوزيف (1704-1779) قد عاش طويلاً في أميركا الجنوبية حيث درس نباتاتها . وأخيراً أصبح ادريان دي جوسيو (1797-1853) هو حفيد السابقين ، أستاذاً مثلهم في المتحف ونشر عدة دراسات خاصة عن العائلات النباتية .

المصطنعة وعلى رأسهم ليني ، وطمح الى أن يضع النظام الكوني الوحيد اي النظام الموضوعي ، نظام الطبيعة . وبعكس جوسيو الذي كان يدعو « الى وزن والى حساب الصفات » كان ادانسون يقول إن على الطبيعة ، إذ أمكن القول أن تقدم خطتها بنفسها .

إن المصنف يجب أن يعرض عن الطريقة التجريدية ويجب بحسب رأيه أن يكتفي بالتدوين . ولكي يتوصل الى ذلك هناك وصفة وحيدة : التوجه الى كل الصفات ، ثم النظر فيها ، عند الانطلاق وكأنها ذات دلالة متساوية

ولم يصل احد بالرغبة في الموضوعية الى هذا الحد . وبهذا الاسلوب فتح ادانسون طريقة تصنيفية لم يزاولها احدٌ ولن تتطور الا بعد قرنين . وقبل الوصول الى هذا المفهوم ، المعروض في كتابه الشهير « عائلات النباتات» سنة 1763 ، وضع ادانسون بنفسه العديد من الانظمة : 25 نظاماً قبل أن يبلغ الـ 20 سنة ، وأثناء إقامة طويلة في السنغال (1749-1754) ، وقبل أن يغتني جدول النباتات الاستوائية بهذا الشكل المسرف ، تحقق ادانسون من عدم جدوى الانظمة . ومع ذلك فقد بدت ممارسة استخدام وضع هذه الانظمة ، مرحلة ضرورية ، ليس فقط على الصعيد العملي بل أيضاً ضمن إطار التطور المنهجي . وقد برر أدانسون نفسه هذه الانظمة ، وذلك بمقدار ما تتيح ، اذا اخذت بمجملها ، إبراز التبعية ، وعلاقات السمات. كتب يقول : « إن مجموعها يعطي كل العلاقات الموجودة والملحوظة بين كل أقسام النباتات ، وهي علاقات تكونت منها عائلاتنا الـ 58» . والفكرة الجديدة جداً ، فكرة التصنيف الموضوعي التي سبقت الطرق الالكترونية الحديثة والتي تتعارض مع وجهات نظر جوسيو ، تنطلق من مرحلة الانظمة الشخصية الذاتية .

والواقع أن جوسيو وأدانسون، رغم اختلاف مبادئهما ، قد انضما عملياً لكي يضعا ، في أغلب الاحيان ضد هذه المبادىء تصنيفاً قوياً مرتكزاً بآنٍ واحد على الحس السليم وعلى معرفة عميقة بالنباتات . من هذه القاعدة انطلق آ . ب . دي كوندول A.P.de Condolle سنة 1805ور . براون R.Brown سنة 1810 .

وعلى الصعيد النظري لم تكن أعمال جوسيو وادانسون الجميلة جداً الا فشلاً . فالمؤلفان قد لمسا باليد ، وفي أعلى درجات النضج ، الثمرة الشهيرة التي شاهدها بوفون : وهي الطبيعة الجنسية أو النوعية لعلاقات التصنيف . أما هما ، من وراء الستار التصوري للتمثل الارسطي ، فلم يفهماها .

أعمال أخرى ـ لقد بدا ر. ل. ديفونتين R.L.Desfontaines 1750-1833 ، وهو يتابع تصنيف تورنفور ، متأخراً عن عصره ، ولكنه بعد أن عين سنة 1786 استاذاً في بستان الملك ، أخذ يكون جدول الأعشاب الشهير في المتحف، وذلك بسحب نسخة عن كل الكتب الخاصة ، وهو عمل ضخم ساهم في تقدم المنهجية . ودرس ديفونتين « تنظيم الوحيدة الفلقة » 1798 . ونشر «تاريخاً للأشجار وللشجيرات التي يمكن غرسها في جمام الأرض من تربة فرنسا » .

وفي حين نشر ف . بواسيه دي سوفاج F.Boissier de Sauvages ، سنة 1751 تصنيفاً

للنباتات سندا للشكل ولترتيب الاوراق ، درس تلميذه آ . غوان A.Gouan التشابه والتفارق بين الحيوانات والنباتات ، وقدم تفسيراً لنظام ليني . وعمق وارث بروتل Brutelle منهجية النباتات الاجنبية وقدم عدة أوصاف لبعض الأنواع . وورد في الكتاب العظيم « التاريخ الطبيعي لنبتة الفريز» 1766 الذي ألفه ن . دوشين N.Duchesne وصف لاحد اوائل امثلة النقل أو التحول : فراغاريا مونوفيلا ، كما نجد ملاحظات صحيحة حول تغير الانواع .

وفي المانيا اوجد ج . غارتنر J.Gartner حقاً علم الثمار وهو يدرس أكثر من 1000ثمرة في كتابه فروكتي بوس سيميني بوس بلنتاروم 1789 – 1794 . في حين ان ج . بوس G.Bose تولى سنة 1733 الدفاع عن تورنفور ، وجهد ش . نوت C.Knaut ان يغير نظام ريفن Rivin ، الذي اعتمده لودويغ Ludwing ، في حين حاول ج . كرامر G. Kramer ان يوفق بين الطريقتين ، كما نشر غليديتش Gleditsch « نظامه النباتي » . . . (1764)الذي استخدمه آ . ل . دي جوسيو .

نشير ايضاً الى مؤلفين ممتازين : ايقونات بلنتاريوم لـ ش . شميدل C.Schmiedel و« النباتات المختارة » لاهرت d'Ehret . ونذكر أخيراً أن بوركهارد Burckhard بين في كتاب له الى ليبنيز Leibniz ـ ظهر سنة 1750 على يد ل . هستر L.Heister ـ بين قبل ليني Linnéان ترتيب الاسدية والمدقّة يتيح تصنيف النباتات بسهولة . في حين قام برادلي Bradley في انكلترا بدرس النباتات الذهنية ، كما درس اليس Ellis النباتات الأجنبية . وفي النمسا درس ن. كرانتز N.Crantz وج. شريبر J.Schréber وس. ميلر S.Miller ، دراسة تفصيلية عدة عائلات نباتية والعديد من أنماط الزهور . واهتم الهولندي آ. فون رون وج. دي وشندورف A.Van Royen et J.de Wachendorff بالطرق التصنيفية . وبدت السويد بفضل ليني وتلامذته العديدين ـ وبصورة خاصة ب. ارتيدي P.Artedi الذي صنف الصيوانيات من أطواقها ـ وكأنها موطن المنهجية .

أما علم النبات السويسري ، الذي سيطرت عليه شخصية البير فون هالر Albert Von Haller ، فقد عرف ممثلين عظاماً من أمثال ج. شوزر J. Scheuchzer مؤلف أول كتاب عن علم النبات ألأحفوري (هرباريون دي فيانون) (1734) ، وج. كونيغ J.Konig وج. جسنر J.Gesner الخ . في إيطاليا في حين كان ب. ميشلي P.Micheli يدرس عصيفة النجيليات ، كان سكوبولي Scopoli في كتابه فلورا كارينوليكا 1772 يدرس التغيرات الطارئة على النباتات التي تعيش في وسط المغاور . وانتشر حب البوتانيك في اسبانيا بفضل ش. غومزا ورتيغا C. Gomez Ortega والاباتي كافانيل Cavanilles مؤسس حوليات التاريخ الطبيعي ، والذي اهتم جداً بإحصاء النباتات وتعدادها .

النباتات ـ نمت دراسة نباتات مختلف البلدان الاوروبية بشكل ضخم .

في فرنسا درست نباتات منطقة باريس من قبل ج . غتار J.Guettard الذي نشر سنة 1747 كتاباً بعنوان « ملاحظات حول نباتات » منطقة ايتونب وارليان ، وكذلك ب . بوليار P.Bulliard الذي نشر عدا عن كتابه نباتات باريس 1774 كتاباً عن اعشاب فرنسا وكتاب « تاريخ النباتات المشبوهة والسامة 1794» .

والعديد من الكتب الاخرى خصصت لنباتات الاقاليم المختلفة : نانت (بونامي Bonami) ، لوران (ماركت بوشوز Marquet Buchoz) ، اوفرنيا (ديلاربر Delarbre) ؛ البيرنيه (الاباتي بوري Pourret) ؛ الدوفيني (فيلار Villars) ؛ مونبليه (غوان Gouan) الخ .

ونشر العديد من كاتالوغات النباتات الوطنية ، في انكلترا من قبل ج . هيل وج . ادوار وج ، سميث و و . هدسون J.E.Smith, W. Hudson, J.Edwards, J.Hill ، الخ . في حين درست نباتات بلجيكا من قبل غورتر Gorter ونيكر Necker ونباتات المانيا كانت موضوع دراسات أحادية إقليمية : بروسيا ، مناطق ليبزيغ Leipzig ، وفرانكفورت وينا Iéna وشتوتغارت Stuttgart ، وبافيير Bavière ، وورتنبرغ Wurtemberg ، وهارز Harz ، ودوقية باد الكبرى Bade ، الخ . . . وبعض الدراسات الشاملة ، مثل دراسة كل من ج . هوفمان G.Hoffmann ، وبوركهوسن وج . روهر Borkhausen, G.Rohr . وبخلال القرن 18 ظهرت أيضاً دراسات نباتية أخرى عديدة وطنية أو محلية : النمسا (جاكان Jacquin) ، بوهيميا ، دانمارك (اودر Oeder) ، السويد (او . سوارتز O.Swartz) ؛ لابوني (ليني Linné) ؛ النروج (غونر Gunner ، فاهل Vahl) ؛ ايسلندا وغرونلاند ، وبولونيا (جيليبرت Gilibert) ، روسيا (ب . ديشيزو ، بوكسبوم ، جملين P.Deschizeaux, Buxbaum, Gmelin الخ) ؛ سويسرا (آ . فون . هالر ، شوزر، هـ . ب . دي سوسور A.Von Haller, Scheuchzer, H.B. de Saussure ، الخ) ؛ ايطاليا (سكوبولي ، ب . ميشلي الخ) اسبانيا (كافانيل ، كري ، مارتينز وغومز أورتيغا Cavanil-les, Quer y Martinez et Gomer Ortega) . برتغال (بروتيرو دي آفيلار Brotero de Avelar) .

وهكذا ، وعلى موازاة استغلال الاراضي البعيدة ، تتابع العمل الدقيق في جرد النباتات في المناطق الاوروبية ، الامر الذي أتاح اغناء علم النباتات بالعديد من التقديمات الاصيلة

كريبتوغامي (علم اللازهريات) ـ أخذ هذا العلم ، الذي بقي حتى ذلك الحين مجهولاً ، يتقدم نوعاً ما ، كما تدل على ذلك كتب النباتات في ذلك العصر ، ودرست نبتات « النوجير » من قبل و. سوارتز ، وج. بولتن ، وهدويغ ، وجملين O.Swartz, J.Bolton, Hedwig, Gmelin الخ . أما «الطحالب» فقد راقبها «الكريبتوغامي» الكبير ج. ديلن J.Dillen (دلينيوس) (1687-1747) الذي ميز ، وهو الأول في هذا ، الأنواع : بريوم ، هيبنوم ، سفاغنوم ، ووصف ، عدّة مئات من الطحالب ومن الأفطار الجديدة . وحورب هدويغ Hedwig من قبل ليني الذي حسب كبسولات (= عليبات) «الطحالب» كمآبر مملوءة بغبار الطلع ، ولكن الأول وسع معرفتنا بالبريوفيت بواسطة كتابه « فوندا ماتورم هيستوريا . . » (1787-1797) . نذكر أيضاً أعمال نيكر Necker ، وبوكسبوم Buxbaum ، الخ .

أما «الطحلب»البحري في الادرياتيك فقد درس من قبل ف . دوناتي V.Donati ؛ ودرس « الفوقس » من قبل س . جملين S.Gmelin ، وريومور Réaumur الذي حاول ان يعثر فيها على

اعضاء تناسلية ، شبيهة باعضاء النباتات العليا ومن قبل أليس Ellis ، الذي اهتم «بالمرجانيات».

ونشر ش . برسون C.Persoon اعمالاً أساسية حول « المورفولوجيا » (علم التشكل) وتصنيف الفطور ، وكذلك ب . بوليار P. Bulliard (1752-1793) ونذكر له « اعشاب فرنسا » وبخاصة « تاريخ الفطور في فرنسا » المزين بلوحات جميلة ، ويصف أعضاء التناسل والتوزع في هذه النباتات . نشير أيضاً إلى كتاب ج بوليت J. Paulet (1775) وبحوث غليدتش Gleditsch حول الحياة الجنسية عند الفطور .

وكانت « الليشن » (حزاز= نبات يعلو الصخور) موضوع دراسات أساسية من قبل السويدي ي . اشاريوس E. Acharius (1757-1819) . وقد قسّم أنواع الليشن Lichen الى 40 فرعاً ، ووزع عدد الأصناف المعروفة يومئذٍ فبلغت أكثر من 800 ـ نشير أيضاً الى ظهور كتب كبيرة عمومية حول الكريبتوغامي ، يعود الفضل فيها الى ميشلي Micheli ، وهوفمان Hoffmann ، وديكسن Dickson ، وكولروتر Kolreuter . وقد وسع هذا الأخير « النظام الجنسي » فاشمله أنواع « الكريبتوغام » (النباتات اللازهرية) .

II ـ اناتوميا وفيزيولوجيا النباتات

التشريح النباتي (آناتوميا) Anatomie ـ رغم الدرس الجيد الذي لقيته الاناتوميا في المانيا فإنها لم تتقدم كما تقدمت في القرن الماضي . في حوالي 1720 عرض الفيلسوف الالماني ش فون وولف Ch.Von Wolf الافكار النظرية حول بنية النباتات ، في حين عرض ك . ف . وولف المعلومات الاولى عن نشوء الأعضاء في كتابه « نظرية الخلق » . وقارن انسجة النبتة الصغيرة ، بتجاويف عجينة الخبز المتخمرة ، وعلم ان الجذع يتألف من استطالة انسجة الاوراق ، وإن القطع الزهرية ليست إلا أوراقاً معدلة . وقد تمت العودة الى هذه الافكار التي مرت غير منظورة يومئذٍ ، بعد 50 سنة ، من قبل غوته Goethe ثم من قبل ميربل Mirbel . ودرس هدويغ Hedwig تزيين الاوعية في الخشب ؛ ودرس دوهامل مونسو Duhamel du Monceau بنية الخشب وتشريح الاجاصة ؛ ودرس ر . برادلي R. Bradley بنية النباتات الزيتية ودرس هـ . ب . سوسور H.B.de Saussure بنية المسام ولاحظ ج . هـ . د . مولدن هور J.H.D.Moldenhawer ، النباتات المحلبية الخ .

الاعمال الاولى حول الاخصاب ـ في القرن الماضي بين كاميراريوس Camerarius ان النباتات ، كانت كالحيوانات مزودة بأعضاء اخصابية ، وإن الاخصاب ضروري حتى تستطيع البذرات أن تنمو . وهذا المفهوم ، رغم منطقيته ووضوحه ، قسم علماء النبات في القرن الثامن عشر . وكان خصوم الجنسانية عند النباتات هم الأكثر عدداً في بادىء الامر ، وفي بعض الاحيان الاكثر شهرة ،فهم قد ضموا تورنفور Tournefort وكرامر Kramer (الذي عالج نظرية الجنسانية عند النباتات بأنها غير لائقة ووقحة وكافرة) ، كما ضمت بونتديرا Pontedera وسبالانزاني

Spallanzani ، الذي حقق مع ف. مولر F.Moeller تجارب مفيدة ولكن صعبة حول اخصاب زهرات الحبق وزهرات الكتان والسبانخ ، دون أن يعرف كيف يفسر هذه التجارب بشكل صحيح .

وإذا كان كما يقال (روبرتز Roberts ، 1765) كاميراريوس Camerarius وكولروتر Kolreuter يمثلان التاريخين الكبيرين في تاريخ علم الولادة قبل 1766 ، فمن غير المحق مع ذلك عدم إفساح المجال في هذا التاريخ ، وبشكل واسع لاسم ليني .

إن مساهمة ليني في هذا المجال لم تكن إلا غير مباشرة . فقد تحمس لفكرة الجنسانية النباتية وأسس عليها أشهر نظام تصنيفي ، ثم جاء بعد ليبنيز يفتح الطريق للانتسابات . ولكنه بشكل خاص اطلق فكرة النظريتين : نظرية خلق الأجناس عن طريق التهجين ، ونظرية التناسل الجنسي المعمم . وبذات الوقت نشر الفيلسوف المادي لامتري La Mettric كتاب « الانسان النبتة » (1748) ، وهو كتاب تضمن توسيعاً لفكرة تماثل الوظائف الكبرى كالغذاء والتنفس والتوالد بين الحيوان وأكثر النباتات كمالاً .

وقبل ليني كان هناك بعض الأعمال التي تتناول التهجين أو الجنسانية وكلاهما يعزيان الى ت . فرشيلد Th. Fairchild حول « ذوات العيون » والى ريشار برادلي Richard Bradley (1718) ، والى ب . ميلر P. Miller (1731) . وتتابعت هذه الاعمال ببطء : على يد جامس لوغان James Logan (1739) ، وج . ج . غليديتش J.G.Gleditsch (1749) . فضلاً عن ذلك يجب أن نذكر بحوث ش . ج . جيوفروا G.J.Geoffroy الذي نشر سنة 1711 ، كتاب اسمه « مذكرة حول بنية وحول استخدام مختلف أقسام الأزهار» حيث ظهرت الأنماط المتنوعة لحبيبات الطلع . ونذكر أن الألماني غليشن Gleichen (روسورم) لاحظ لأول مرة ، في نبتة اسكليبيا أنبوب اللقاح .

ومع النصف الثاني من القرن جاءت الكتب الكبرى مقترنة بأسماء : ج . ج . كولروتر J.G.Kolreuter (1761–1766) وك . ك . سبرنغل C.K.Sprengel (1793) كان كولروتر مؤسس علم التهجين وبمعنى من المعاني مؤسس التوليد (وهو بشكل خاص صاحب فكرة « قوة الهجناء ») ، وفرض الاعجاب بقوة كتابه (500 تهجين مختلف تناول 138 نوعاً ؛ ودراسة حبوب الطلع في 1000 صنف) وكذلك بنوعيته . ومعه ، ولاول مرة حصلت تهجينات بعدد كبير ووصفت بدقة : تهجينات الجيل الاول والجيل الثاني (وهي الانماط الثلاثة التي وضع مندل نسباتها العددية والتي كانت معروفة) ، ثم التلاقي المتقهقر . ونحن مدينون لهذا المجرب برفض موثق ومقنع لنظرية سبق التشكل (فقد بدت له هذه النظرية غير متلائمة مع : أولاً الصفة الوسيطة في المهجنات ؛ ثانياً مع مماهات التلاقي المتعاكس ؛ ثالثاً مع « التناقل » ، أي ما نسميه الارتداد بالتهجين الاستبطاني) ولكن إحدى النتائج الأكثر طروءاً ، والاكثر ازعاجاً في بحوث كولروتر هي تقويته المعتقد بديمومة الانواع . كان كولروتر تقياً جداً فظن أنه يستطيع مخالفة ليني وتبيين ان استحداث نوع جديد لا يمكن أن ينتج عن التهجين

وفي أواخر القرن 18 ، في سنة 1793 حدث أمر مهم وبشكل علني بارز ، ذلك هو حدث

البيولوجيا النباتية أو التشريح النباتي . في هـذه السنة نشرك . سبرنغـل الكتاب الـذي جعله شهيراً « داس انتدكتي . . . » (او سر الطبيعـة المعلن) وفيه بـين أن أغلب الازهار الخنثـة لا تخصب بفعل لقاحها لأن أعضاءها الجنسية ليست ناضجة بذات الوقت (ثنائية الأعراس) وقد بين بنفسه أيضاً الدور المهم ، وغير المعروف حتى ذلك الحين ، دور الحشرات في التلقيح وبين كيف أن الأزهار تجلب هذه الحشرات بلونها وعبيرها أو لقاحها . ووصف العلاقات القائمة بين الشكل وبين هوى الحشرات وترتيب الكؤوس والابر في مختلف أنواع الازهار . وبين أيضاً ولفت النظر الى غزارة والى خفة حبيبات الطلع في الازهار المخصبة بالهواء . وقد نور عمل سبرنغل تمـاماً فهمنـا للبنيات الازهـارية كـما شرح العديد من المسائل التي تطرحها هذه البنيات . وقد رجع إليه داروين كثيراً .

وأورد ج . ت . نيدهام J.T.Needham في كتابه « اكتشافات ميكروسكوبية جديدة (1745) العديد من الملاحظات حول حبيبات اللقاح التي رأها تنفجر في الماء فتنشر بحسب رأيه النطف التي لا يمكنها أن تنمو الا فوق المبيض . نذكر أخيراً البحـوث الشهيرة للطبيب الايـطالي آ . فاليزنياري حول التخصيب العجيب ، فوق سطح الماء ، لنبتة مائية كانت قد أهديت اليه ، كما نشير الى بحوث Wallerius حول التخصيب الاصطناعي (1752) .

ستيفن هالس Stephen Hales : ودورة النسغ - استلفتت قضايا ثلاث كبيـرة أيضاً انتبـاه العلماء في تلك المرحلة : دورة النسغ ، المبادلات الغازية وحركات النباتات .

وقد درس دوران النسغ من قبل اليسوعي الفرنسي ن . سربـات N.Sarrabat (1698-1737) الذي ، من اجل تتبع حركة النسغ في الاوعية ، غرس طرف اغصان في محلول ملون طبيعي بـاللون الاحمر ، احمر فيتولاكا ، فحقق بالتالي احد أولـى الامثلة في التلوين الحي . وقـد شاهـد ان ارتفاع النسغ يتم فقط عبر الاوعية . ولكن الى ستيفن هالس (1677-1761) بصورة خاصة يعود الفضـل في البحـوث الاولى حول تصـاعد النسـغ . وقد اجـرى هذه البحـوث رغبة في تفسيـرها فقط بـأسباب فيزيائية . وفي كتابه (فجتابل ستاتيكس 1727) وصف أكثر من 140 تجربة مخصصة لتبين تأثير الحرارة الشمسية على صعود النسغ . وقاس بصورة مقارنة كميات الماء التي امتصتها الجذور والكميـات التي بخرتها الاوراق . وقارن صعود النسغ وصعود المياه في الاوعية الشعرية . وكان لهذا العمل صدى هائل وسرعان ما ترجم الى عدة لغات ، وبخاصة الى الفرنسية من قبل بوفون (1735) . واستعيدت تجاربه واستكملت من قبل غيتار Guettard في كتابه « مذكرة حول عرق النباتات غير المحسوس » .

وبنفس الحقبـة حاول شـارل بوني Charles Bonnet في « بحـوث حول استعمـال الاوراق » (1754) ان يبين بشكل خاص دور هذه الاوراق في امتصاص المياه ، وذلك بواسطة تجارب لم تكن مع الاسف دائماً مقنعة . وميز دوهامـل مونسـو Duhamel du Monceau بين « التبخـر المحسوس » في حالة خروج الماء بشكل سائل ، والتبخر غير المحسوس عندما يحصل بحالـة ابخرة . ولم يجـرؤ ، ولا بوني أيضاً على التأكيد بوجود نسغ نازل وصاعد . إلاّ أن فان مارون Van Marun ، مثل العديد من العلماء في تلك الحقبة ، استمر يشبه دوران النسغ بدوران الدم . كما شبه ج . بازين G.Bazin اوعية

النباتات مثل الشرايين في النباتات .

تبادل الغازات ـ في أواخر القرن 18 ظهرت أولى الاعمال حول المبادلات الغازية بين النباتات والفضاء وذلك بفضل التقدم الرئيسي الذي احرزه لافوازيه في دراسة الوظائف الكيميائية وفي تركيب الهواء . وتدل اوراق الكيميائي إنه اكتشف أن النباتات تأخذ من الهواء ومن الماء ، ومن المملكة شبه المعدنية المواد الضرورية لتركيبها ، في حين أن التخمر والاهتراء والاشتعال تعيد الى الفضاء العناصر التي اخذت منه . واكتشف ج . برستلي ، من جهته ، سنة 1771 بأن النباتات الخضراء لها خاصية انعاش، في الضوء، الماء الفاسد بفعل الهواء الثابت الصادر عن تنفسها في الظلام . ومن جهة أخرى اظهر نسبة الهواء غير القابل للتنفس (الهواء الذي حرم من مادة الحياة) في الفضاء .

ويعود الفضل الى الهولندي جان انجنهوس Jean Ingenhousz في اكتشاف التمثل الخضيري . وفي كتابه : « تجارب حول النباتات » 1779 بين هذا العالم بأن النباتات الخضراء تفرز الاوكسيجين في النهار أثناء الضوء وتفرز كربونيك في الليل اثناء الظلام .

وتبين ان هاتين الظاهرتين المختلفتين تتعلقان فقط بالاضاءة . فضلاً عن ذلك ، وبعد الارتكاز على بحوث لافوازيه استطاع أن يبين أن النباتات تستمد كل الكاربون اللازم لها من الغاز كاربونيك الفضائي (1798) .

ونوقشت هذه النتائج من قبل جان سنيبيه J.Senebier الذي بين « مذكرات فيزيكو شيميك حول تأثير الضوء الشمسي » (1782) وفي عدة أعمال لاحقة (1783-1784)ان الاسيد كاربونيك ، لم يكن مستمداً من الفضاء فقط ، بل أيضاً من الماء ، بحالة الذوبان ، وإنه تمتصه بالتالي الجذور ، فيصل الى الاوراق حيث يتم تفكيكه بتأثير الشمس ، فيتحرر قسم منه في الفضاء ، وقسم آخر ، ثابت ، يستخدم لصنع موادمكربنة تلحظ في النباتات .

هذه الافكار ، التي وردت موسعة في « فيزيولوجيا النباتات » (1800) أكملها تيودور سوسور Théodore de Saussure كما سنراها في المجلد التالي .

من الناحية المنطقية ، كان من المفترض أن تؤدي هذه النتائج الى تقدم كبير بمعارفنا حول تغذية النباتات. في هذه الأثناء استمر بازان في تشبيه عنق النباتات بمعدة الحيوانات. وكان ب. سرابات P.Sarrabat يؤمن ان الالياف الخيطية Ligneuses المجتمعة في هذه النقطة «كان تخضّ العصارة الموجودة فتعطيها شكلاً ثانياً شبيهاً نوعاً ما بالشكل الذي يأخذه الغذاء في المعدة » . فضلاً عن ذلك أن الكيمياء النباتية لم تكن إلا في بداياتها . وعلى كل نذكر « في الكيمياء النباتية » 1786 لـ ش . ريش C.Riche وخاصة « الرسائل الفلسفية حول تكون الأملاح والبلورات » (1729)لـ ل . بورغي L.Bourguet ، وكذلك أعمال فالريوس Wallerius مؤسس الكيمياء الزراعية .

حركات النباتات ـ درس الفيزيولوجيون ايضاً حركات النباتات ، وخاصة حركات الاوراق والازهار . وغرس لينـي في اوبسال « ساعة نباتية » مشكلة من ازهار تتفتح وتغلق في مختلف ساعات

اليوم ، وكرس عملين لـ « سومنوس بلانتاروم » ولـ « كالاندروم فلورا » . وبين سنيبيه ان الاضاءة قد تقلب أوقات اليقظة والنوم عند أوراق القرنيات . ودرس دوهامل دي مونسو حركة أوراق شجرة « المستحية الحساسة » ، ودرس ج . ف جملين حركات الـ « هيديساروم » . ودرس دال كوفولو Dal Covolo ، أسدية البربريسيات ؛ ودرس ادانسون ، حركات الطحلب « الخزاز » الخ .

فضلاً عن ذلك ، درس ب ويليمه P.Willemet سلوك النباتات المصفرّة، ودرس ج . استروك تقويم النباتات المنحنية ؛ وستاركن ، الاعشاب العشاقة « المعربشة » ؛ ودرس بوفون ودوهامل دومونسو ، قوة تكسر الخشب ، وترطبه Imbibition ، في حين نشر كورتي عملاً ملحوظاً حول حركة السيتوبلاسم داخل خلايا « الشارا» فاكتشف بالتالي الدورانية . ودرس الاباتي برتولون Bertholon وهو الأول ، مفعول الكهرباء على النباتات (1783) .

الكتب العامة ـ ونشرت كتب عديدة جداً حول علم النبات في القرن 18 . نذكر أولاً « محاولات أولية حول علم النبات » (1771) و« رسائل حول علم النباتات » (1793-1795)لـ ج . ج روسو J.J.Rousseau التي أثارت تغييراً كبيراً في الرأي العام تجاه « العلم المحبب » ؛ و« البيانات الاولية في علم النبات » لـ كلاري دي لاتورت حولها جيلبرت Gilibert وروزيه Rozier ، الى موسوعة حقة مزينة بالعديد من اللوحات (1788) . زيادة على « المنتا بوتانيكا » لنيكر Necker ، و« القاموس الاولي في البوتانيك » لـ بوليار Bulliard ، و« نظريات فيزيولوجية حول التنظيم النباتي والحيوان » لـ « ميتيري Métherie و« بيبليوتيكا بوتانيكا » لـ « سيغيه Séguier » ، ونذكر « القاموس » و« درس البوتانيك» للراهب البندكتي ن . جوليكلرك N.Jolyclerc . ومن بين العديد من الدراسات التي صدرت في المانيا ، نشير الى الرسمات المدهشة للنباتات والحشرات لـ م . مريان M.Merian في « كتاب النباتات الجديد » . وفي أنكلترا نشر بريان ، وبولتيني وهيل Bryant, Pulteney et Hill « النظام النباتي » في 13مجلداً مزينة بأكثر من ألف لوحة وفي سويسرا أسس ج . رومر J.Roemer « ماغزين فور دي بوتانيكا » (1787-1791) ، خلفتها فيها بعد « نيوز ماغازين » بعد 1794 .

III ـ علم النبات التطبيقي

اغرونوميا ـ رغم أن علم الزراعة(اغرونوميا) هو خارج نطاق موضوعنا ، يتوجب ان نذكر العديد من الكتب المهمة لـ : هنري لويس دوهامل دو مونسو Henri-Luis (1700-1782) Duhamel du Monceau ، الذي يعتبر كتابه « فيزياء الاشجار » (1758) ، معالجة حقة للتشريح وللفيزيولوجيا النباتيين ، وكتاب آ . توين A. Thouin (1747-1824) وُمِما تباعاً ناظر البساتنة في بستان الملك واستاذ الزراعة في الميزيوم . نذكر أخيراً أن بارمانتيه ادخل زراعة البطاطا الى فرنسا ، بعد أن توصّل الى جعل لويس 16 يظهر في البلاط وهو يحمل زهرة هذه النبتة في عروته .

علم النبات الطبي ـ وجدت بحوث استعمال النباتات في الطب حداً لها في ضعف درجة تقدم الكيمياء . في فرنسا ، لم تنشر « محاضرات في المادة الطبية » لـ آ . دي جوسيو A. de Jussieu الا في سنة 1722 ، وكتاب شومل Chomel لم يظهر إلا بعد وفاته سنة 1761 . نذكر أيضاً « النباتي الفرنسي » (1767) لـ ج . باربو دو بورغ J.Barbeu du Bourg ، ومحاضرات ي . ف جيوفروا ، المستكملة من قبل ب . دي جوسيو ، ودراسة آ . غوان A.Gouan ودراسة جيلبرت ، وكذلك مجموعة النباتات الاستعمالية لـ غوتيه داغوتي Gautier d'Agoty . وفي ألمانيا نشرت مؤلفات كثيرة في الكيمياء الطبية، منها مؤلفات ف . كارتوزر F.Cartheuser الذي حاول أن يصنف ، ضمن 6فئات « العناصر الأساسية التي يمكن استخراجها من النباتات» ثم «ايقونات بلانتاروم مديسينالوم» لـ بلنك Plenk وزورن Zorn . وكذلك كان الحال في انكلترا وهولندا وايطاليا وأخيراً في السويد حيث نشر ليني ، سنة 1749 «ماتريا مديكاي رنيو فجتابلي » .

البساتين النباتية ـ ظلت « بساتين النبات » تلعب دوراً مهماً جداً . فقد أتاحت تزيين العديد من الأعمال المفيدة جد بالنسبة الى تقدم البستنة ، مثلاً «وصف النباتات الجديدة المعروفة قليلاً والمغروسة في بستان ج . م . سلس J.M.Cels » لـ ب . فانتينا P. Ventenat و«بستان ماليزون » كتاب رائع وضع بايعاز من الامبراطورة جوزفين سنة 1803 .

وعدا عن كتالوغ لبستانٍ خاص نشر من قبل ب هاريسونت P.Hérissant (1771) و« كتالوغ بستان الصيادلة » ظهرت لوائح عديدة بنباتات زرعت في بساتين الأرياف. كما أُلفت نباتات اجنبية عديدة في بساتين البحرية الفرنسية في تولون وفي برست . وقد ضم مشتل روول Roule ، الذي أسس سنة 1669 اكثر من 50الف نبتة جمعها علماءالنباتالرحالون ، بحيث تم تعريف الجمهور بعدد كبير من النبتات الاجنبية .

وفي انكلترا تم في سنة 1759 تأسيس البستان الشهير بستان كيو Kewحيث نجح و . ايتون W.Aiton في غرس نباتات لم يكن بالامكان حتى ذلك الحين إنماؤها في أوروبا . وبمساعدة من سولندر ودريندر Solander et Dryander ، أخرج منها سنة 1789 كتالوغاً أكثر كمالاً من كتالوغ سيرجون هيل John Hill الذي سبق نشره . ونشر ب . ميلر P.Millerكتالوغا لبستان الصيادلة في شلسي . ومعجماً للنباتيين حسن التزيين بالصور .

وفي المانيا عدا عن كتالوغ بساتين نباتات التدورف ،وفرنكفورت وغوتنجن، الخ نذكر كتب س . كرنر S.Kerner وهو ملون باليد تلويناً رائعاً . واستعملت عبقرية د . اهرت D.Ehret ، وهو رسام رائع للنباتات المغروسة ، من قبل ليني ليصور رسوم « هوسلوس كليفورت تيانوس » ؛ كما استعملت من قبل ب . جوسيو B.de Jussieu لتمثيل نباتات بستان الملك ، ومن قبل ترو و وفوجل Trew et Vogel من أجل « بلانتا سلكتا » (1750-1760) الخ .

وفي النمسا نشر ج. جاكين J.Jacquin عدة كتب مزينة بالرسوم الرائعة حول بساتين ـ فينا .

وفي هولندا ساعد هـ . بورهافH.Boerhaave في نشر الميـل الى المنشورات الجميلة الغنيـة بالصور . وفي السويد نشر ليني Linné كتالوغ بستـان نباتـات أبسال Upsal ، في حـين استمرت في إيطاليا كتالوغات البساتين تنشر بأعداد كبيرة وخاصة كاتالوغات بيزا وفلورنسا وبادو وبولونيا ، الخ .

وأسس أول بستـان نبـاتي أميـركي في سنـة 1784 من قبـل م . ج . جـان دي كـريف كـور M.G.Jean de Crèvecœur ، قنصـل فـرنسـا في نيـويـورك وفي سنـة 1786 أسس آ. ميشـو A. Michaux بستانين‌الأول قرب نيويورك والثاني في كارولينا الجنوبية .

وأرسل قسم من البذور المتوفرة إلى باريس ، ووزعت بين بستـان الملك والمشاتـل الأخرى في الجوار .

IV ـ النباتات الجديدة على أوروبا

الاكتشافات النباتية ـ إن دراسة النباتات الأجنبية تقدمت تقدمـاً كبيراً في القـرن الثامن عشر وخاصة في فرنسا ، حيث حصل البحارة ورجال الدين ، بدعم من طبيب لويس الخامس عشر ، ل . ج . مونيه L.G.Le Monnier مبالغ مهمة أتاحت لهم سبر البلدان البعيدة .

واستقبلت أميركا الشمالية زيارة م . سارازان M.Sarrazin الذي نزل في سنـة 1685في كندا حيث أقام 45 سنة ـ حيث أكتشف فيها نبتة ساراسانيا التي قدمهـا إليه تـورنفور Tournefort ـ ثم ب . شـارل فوا P.Charlevoix الـذي نشر ، سنة 1744» وصفـاً للنباتـات الـرئيسيـة في أمـريكـا الاعتدالية (إعتدال الربيع :الخريف)»ولكن آل ميشو Michaux هم الذين عـرَّفوا بنبـاتات أمـريكا الشمالية . فقد أقام اندري ميشو (1746-1803) فيها من سنة 1785الى سنة 1796 ، مكتشفاً كارلوينا وفلوريـدا وبنسلفانيـا وميري لانـد وكنـدا ونشر « تـاريـخ السنـديـان » (1801) ثم « فلورا بـوريـال أميريكانا » ، وقد زينها ردوتي الذي وصف 1700 نبتة منها 40 نـوعاً جـديداً . وابنـه فرنسـوا اندري François-André ، الذي رافقه من سنة 1785 الى 1790عاد الى أميركا بسنة 1801 ، ثم من 1806 الى 1809 . ونشر وصفاً لرحلة وعدة كتب حول اشجار أميركا .

أما الكشاف الانكليزي مارك كاتسبي Mark Catesby فقد زار بين 1712الى 1719 ، كارولينا وفرجينيا وفلوريدا وجزر البهاما ونشر دراسة حول التاريخ الطبيعي لكارولينا . ونشر أخو العالم النباتي شيرار Sherard ، سنة 1767 ، كتابه « هورتو بريتانو أميركانو » متضمناً وصف 85 شجرة من أميركا يمكن أن تـزرع في انكلترا . وحصـل ج . كليتون J.Clayton من فـرجينيا عـلى مجموعـة مهمـة من النباتات التي وصفها ف . غرونوفيوس F. Gronovius (1743) . وصحح ب . براون P.Browne وصفات عدة أنواع من ب . بلوميه P.Plumier ووضع صفات جديدة . وشهـد آخر القرن الثـامن عشر صـدور كتب أخرى مخصصة للبوتانيك في أميـركـا الشمـاليـة وخـاصـة كتب و . هـوبستن

W.Houston ، وت . ولتر Th. Walter وس . برتون S.Barton ومديكوس Medicus .

ودرست نباتات أميركا الجنوبية من قبل ب . فوييه P.Feuillée (1660-1732) الذي اكتشف نباتات الانتيل وشاطىء كاركاس، من سنة 1703 الى 1706 ؛ ثم مع المهندس فريزيه Frézier، درس نباتات الشيلي Chili والبيرو Pérou . وأشارت دراسته الى النباتات الطبية في الشيلي وفي البرو الى عدة نباتات جديدة مثل الفكسية . ومن جهته نشر فريزيه سنة 1716 كتابه « رحلة الى بحار الجنوب » .
وقام بالكشف على أخطار اسبانيا الاميركية الجنوبية ج . دومبي J. Dombey (1742-1794) مكلفاً بمهمة علمية من قبل تورغو، وقد اصطدم بعداء السلطات الاسبانية التي صادرت قسماً من محاصيله .
وقد سجن في مونت سرّات حيث توفي سنة 1794. وتضمن بيانه النباتي 1500 نبتة (منها أكثر من 60 نبتة جديدة) وأوصل ، رغم ذلك الى متحف باريس . وكان علماء النبات الأسبان ، رويزوبافون Ruiz et pavon اللذان رافقاه في رحلته الأولى قد نشرا كتاباً عن نباتات البيرو والتشيلي في اربع مجلدات (1798-1802) ، وفيه استعملا تصنيفاً مختلفاً .

وقد دُرست نباتات أمريكا الجنوبية أيضاً من قبل جوزيف جوسيو Joseph de Jussieu الذي ذهب سنة 1735 مع بعثة الكوندامين وأقام في البيرو لمدة 35سنة . وقد بيع المتحف الرائع الاجنبي الذي شكله الصيدلي الانكليزي بتيفر إلى سلوان Sloane وأودع في المتحف البريطاني. وزيادة على كاتالوغ هذه المجموعة (عشرة فروع ، 1692-1703) نشر بتيفر كتاباً بعنوان « غازوفيلاسيوم » وفيه وصف القرنيات في أمريكا ونشر كتاباً عن نباتات البيرو . وفي أواخر القرن الثامن عشر نشر السويدي وسوارتز O.Swartz والنرويجي آ . فاهل A.Vahel والاسباني ج . س . موتيس J.C.Mutis عدة كتب حول المزروعات الأمريكية .

وقد تم إكتشاف نباتات جزر الأنتيل من قبل العالم النباتي الانكليزي هنز سلوان Hans Sloane (1660-1753) الذي جمع 800 نبتة ضمنها مجلدين (لندن 1707-1725) . ونشر سلوان الذي خلف نيوتن كرئيس في الجمعية الملكية ، دراسات عن الأشجار الافاوية . وترك مختبره الغني بالتاريخ الطبيعي لصيادلة آل شيلسي Chelsea .

ونشر الأب ج . ب . لابات P.J.B. Labat الذي أقام طيلة 7سنوات في المارتينيك وفي سان دومنغ ، نشر 1722 وصفاً لرحلة من 6مجلدات . ودرس الانكليزي ج . هيوز G.Hughes نباتات بارباد(1750)والهولندي ج. جاكين J.Jacquin نباتات جزر الكارايبب (1760)وادخل هذا الأخير، في خيمات شون برون Schoenbrunn عدة نباتات وحيوانات أمركية . ودرست نباتات غويانا Guyane من قبل ب . باريير P.Barrère وكان نباتي الملك، وأقام في غويانا، سنة 1722، ومن قبل بري فونتين Préfontaine ومن قبل ب . فوزي أوبلي P.Fusee-Aublet الذي أشار إلى 800 نبتة نصفها جديد . وقام بزيارة غويانا ش . شونيني دي مانون كور Ch.Sonnini de (1751-1812) Manoncourt الذي استعملت مذكّرته من قبل بوفون . وبفضل دعم هذا الأخير تمكن من زيارة

شاطىء المتوسط الشرقي ، فضلا عن مذكراته عن الرحلات ، ترك دراسات حول الفستق والاسكليبياد . وقد زار أيضاً كلود ريشار Claude Richard جزر الانتيل وغويانا والبرازيل ، وعاد منها إلى فرنسا بمجموعة من ثلاثة آلاف نبتة .

وبدأ إكتشاف نباتات أفريقيا ، بشكل جدي بفضل أعمال عدة نباتيين فرنسيين . فقدم ميشال أدانسون وهو أبن 22 سنة إلى السنغال ككاتب لشركة الهند وأقام فيها من 1749الى 1754 . وجمع منها مواد كتابه الشهير : « التاريخ الطبيعي للسنغال » (1757) ودرس بصورة خاصة شجرة الباوباب والأشجار ذات المطاط .

ونجح الليوني بيار بوافر Pierre Poivre أن ينقل من جزر الملوك ، لكي يدخلها في جزر فرنسا والبوربون ، نباتات افاويه كان الهولنديون يمنعون تصديرها وزار أيضاً مدغشقر والفليبين ، وكان ينشيء حيث يقيم بساتين فخمة .

وفيما كان آ ليبي A.Lippi (1704) وسونيني دي مانون كور Sonnini de Man-oncourt (1799) يقدّمان وصفاً لنباتات مصر ، قامت بعثة جين هوتو J. Houtou دولا بياردير سنة (1786) بالتمكين من نشر دراسة حول نبتات سورية . وكانت النبتات الستمائة ومنها مئتان جديدة، قد جُمعت من نوميديا وسوريا ومصر من قبل الانكليزي ت . شو T.Shaw ، ووضعت عند شيرار . أما وصف الرحلة فقد نشر سنة 1738 بمعونة ديلينوس Dillenius . ودرست نباتات تركية من قبل بوكسبوم Buxbaum من (1728الى 1740) ونباتات اليونان من قبل ج . سيب تورب J. Sibthorp أستاذ في إكسفورد . والعشبية المهمة المحصلة من مصر والشرق الأدنى من قبل السويدي ب فورسكار .P P.Forsskal، نشرت سنة 1775 . أما الحصيلة التي توفرت من فلسطين على يد ف. هاسلكيست F. Hasselquist (1722-1752) نشرت من قبل ليني . أما نباتات بلاد البربر (تونس والجزائر والأطلس) فقد درسها أ. هبنستريت E.Hebenstriet (1731) وكذلك أيضاً ج . بورمان J. Burman (1738) ، الخ ، وبخاصة من قبل ر . ل. ديفونتين R.L. Desfontaincs الذي جمع ، من 1783 الى 1785 ، مواد كتابه « فلورا اطلنتيكا » وفيه وصف 1520 نوعاً منها 300 نوع جديد . نشير أيضاً الى كتاب فلوريا أوريونتاليس لراوولف Rauwolff الذي نشر سنة 1755 من قبل غرونو فيوس Gronovius ، والمعلومات الثمينة التي قدمتها قصة رحلة الى الشرق قام بها الايطالي ج. ماريتي J.Mariti (9 مجلدات ، 1769-1776) . وكذلك رواية الفرنسي لاروك La Roque (1761) الذي وصف شجرة البن . وهناك أيضاً تقارير مفيدة عن رحلات قام بها ب. سونرات P. Sonnerat الذي ذهب مع بوافر Poivre ، سنة 1768 الى جزيرة فرنسا ، ثم زار بوربون Bourbon ومدغشقر وجزر سيشل حيث راقب الأريترو كزيلون كوكا ؛ كما كشف أيضاً مانيلا والفليبين . أما نباتات رأس الرجاء الصالح فقد درست من قبل السويديين جين برجيوس J.Bergius 1767 وب. تنبرغ (1772-1775) P. Thunberg والانكليزي ف. ماسون F.Masson (1772) . وذهب السويدي آ. سبرمن الى الصين سنة 1765 ، ثم انضم فيها بعد الى بعثة الكابتن كوك Cook حيث التقى ، فورستر Forster

وتنبرغ Thunberg ، ثم قام برحلة الى أفريقيا الجنوبية وقدم عنها مذكرة في سنة 1787 .

ودرست نباتات الهند الشرقية من قبل الألماني م . ب . فالنتيني M.B.Valentini ، والهولندي ف. فالنتين F.Valentyn . والانكليزي ك . ميلن C.Milne . ودرس جين بورمن J.Burman نباتات سيلان وأمبوان ومالابار وأمريكا ، سنداً لتعشيبات جمعها العديد من المسافرين . أما نباتات الهند فقد درست من قبل إبنه ن . بورمن N. Burman 1766 واستكملت من قبل جوهان جي كونيغ Johann G. Koenig الذي قام أيضاً بالكشف على هندوستان. وأرسل السويدي اوتورن O.Torén الذي زار جزر القمر وشبه جزيرة ملكا وكانتون ، الى ليني Linné ملاحظاته التي نشرت سنة 1757 . ودرس الدانمركي روتبول Rottboll نباتات سورينام . ودرس اليسوعي البرتغالي ج . دي لوريرو J. de Loureiro نباتات كمبوديا و مالابار وموزنبيق ونشر كتاباً عن نباتات كوشن شين Cochinchine (1790). واكتشفت نباتات جافا من قبل رادر ماشر ونباتات الصين من قبل اليسوعي الفرنسي ن . شيرون N. Chéron الملقب أنكارفيل (1706-1757)الذي وجه الى ب . جوسيو B. de Jussieu معشبة من 300 نبتة ،لم تدرس مع الاسف إلا سنة 1881 . ورغم أن العديد من اكتشافاته بقيت مجهولة لمدة طويلة ، فاليه يعود الفضل في إدخال الإيلانت ، والسدريلا والانكارفيلا الخ . ويعزى اليه أحياناً خطأً ، اكتشاف الرين مرغاريت Marguerite ، التي سبق ووصفها ديلينيوس Dillenius سنة 1732 . اما نباتات اليابان فقد درسها تمبرغ Thumbirg وب شارل فوا P.Charlevoix ، أما نباتات هولندا الجديدة فدرسها فنيل Fenyl وسكوت Schott .

البعثات الكبرى - وفي النصف الثاني من القرن الثامن عشر نفذت بعثات وحملات كبرى كثيرة ، كانت نتائجها مهمة بالنسبة الى علم النبات .

في فرنسا نظمت البحرية العسكرية الفرنسية بعثة الى الاراضي الجنوبية القطبية تحت قيادة بوغنفيل Bougainville . وقد وضع ب . كومرسون P. Commerson بهذه المناسبة ، ومن اجل الجامعيين، تعليمات اتخذت لمدة طويلة كنموذج . وذهب بوغنفيل سنة 1767 على ظهر الفرقاطة لتوال، ورمى مرساته في البرازيل وفي أرض النار ،ثم اجتاز مضيق ماجلان وزار تاهيتي وغينيا الجديدة واستراليا وبتافيا ، وكان يجمع اثناء سيره العديد من النباتات . وجمع أخيراً مجموعة مهمة من الاعشاب في جزيرة فرنسا وفي مدغشقر وفي جزيرة بوربون حيث مات سنة 1773 . وكانت حصائله ، ورسومه للانواع الجديدة قد استخدمت من قبل آ . ل . جوسيو ولامارك . أما البعثة التي نظمت بقيادة انتركاستو بحثاً عن البيروز ،فقد حملت معها عدة علماء طبيعيين منهم فنتينا ولابياردير .

وزارت هذه البعثة جزر الكناري وبحر الهند واستراليا وتسمانيا وكاليدونيا الجديدة وجزر الملوك الخ ونشر لابياردير سنة 1798 تقريره عن رحلته ثم العديد من الدراسات المهمة جداً عن النباتات التي حصل عليها .

وفي بريطانيا كانت الرحلات الشهيرة للكابتن جامس كوك (1728-1779) التي نظمتها الاميرالية الانكليزية ، موضوع تقرير شهير . ومن بين النباتيين الذين كانوا في هذه الرحلات يجب ذكر

جوزف بنكس Joseph Banks (1743-1820) بالدرجة الاولى الذي كرس ثروته لدراسة النباتات الاجنبية ، فزار منذ (1763) لابرادور والارض الجديدة . وحصل على موافقة في المشاركة ، مع د . سولندر D.Solander في بعثة الكابتن كوك Cook التي انطلقت سنة 1768 فزارت جزر الكناري وجزر الراس الاخضر ، والبرازيل وأرض النار وهولندا الجديدة ، وارخبيلات المحيط الباسيفيكي وغينا الجديدة ، وعاد مشططاً عند شواطىء افريقيا ، فاجتاز رأس الرجاء الصالح . وجهز بانكس سفينة زار بها شواطيء اسكتلندا وايسلندا ، ولما عاد الى لندن وأصبح رئيساً للجمعية الملكية ، أفاد من مجموعاته العديد من النباتيين .

وشارك الالماني جوهان ر . فورستر Johann R. Forster وابنه جورج في الرحلة الثانية للكابتن كوك على ظهر السفينة لارزلوسيون . ودارت البعثة حول رأس الرجاء الصالح ووصلت الى زيلندا الجديدة وإلى جزر « الشركة » وجزر « الاصدقاء » وبحار الجنوب ، واكتشفت كالدونيا الجديدة وعادت الى انكلترا سنة 1775 . وفي حين وصف ج . ر . فورستر 75 نوعاً جديداً من النباتات ، أكمل ابنه بعضاً من هذه الاوصاف ونشر دراسات حول « شجرة الخبز » في جزيرة « الاصدقاء » ، وحول النباتات الطبية في الجزر الجنوبية ، وكذلك وضع تقريراً عن رحلته (1777) . وكتبت صحيفة هذه الرحلة الثانية من قبل ج . ك ليتسون J.C. Lettsonn الذي قدم ايضاً دراسة عن شجرة الشاي .

وبفضل هذه الرحلات العديدة والبعثات المتنوعة والحملات ، أحرزت معرفة النباتات الأجنبية تقدماً كبيراً ، ساعد كما سبق وذكرنا ، في نهضة التصنيف وفي وضع أسس عامة للبيولوجيا .

الفصل السادس :
علوم الأرض

في القرن الثامن عشر وهو قرن الانعتاق كان على الطبيعيين الذين يدرسون الارض أن يحسبوا حساباً دائماً لما ورد في الكتاب المقدس ، والطوفان تحت طائلة هجوم الكنيسة الحاد . والبعض منهم لم يرَ علوم الارض الناشئة الا كوسيلة لاثبات حقانية الكتاب المقدس ، فكان العديد من العلماء يتدبرون أمرهم لإظهار تقيدهم بالتعاليم في بعض مقاطع من نشراتهم . ولكن البعض كان يتابع أفكاره الى أبعد من ذلك . وكان لنشر الأنسيكلوبيديا والثورة الفرنسية سنة 1789 فضل تقديم الانعتاق .

ودرست علوم الارض في كل أوروبا ومن كل البلدان جاءت المعلومات والاعمال المتوازية ، التي سوف يشكل مجموعها كياناً من العقيدة معداً ليكون موضع عمل في القرن التاسع عشر .

وتجب الاشارة الخاصة الى بوفون Buffon الذي ادخل علوم الارض (وكل العلوم الطبيعية) في الادب المعد ليقدم لجمهور واسع من المثقفين وليس فقط لبعض المتخصصين .

وبعد أن نستعرض مختلف المدارس سوف ننظر الى التقدم الواسع المُهم والناجز : كمية من المعلومات ، ونظريتان كبيرتان سوف تتحاربان : نبتونية ورنر Werner وبلوتونية هوتن Hutton والمشاهدات الاولى عن بنية اديم الارض (انكلترا وبلجيكا وسويسرا) ومعطيات متينة عن الاحاثة (علم يبحث في أشكال الحياة في العصور الجيولوجية الأولى) الاحاثة الستراتيغرافية (الطبقاتية الارضية) ، إحاثة أفضل من جراء ابتكار منهجية ، ونظرات جريئة حول تطوّر الانواع ، والنهضة السريعة لعلم المعادن (مع هاوي Haüy) ومعلومات إحاثة جغرافية (باليوجيوغرافي) .

وفي أواخر القرن 18 ، لم يكن قد قُدِّم اي حلٍ ولكن وضعت خمس معطيات للمسألة : دور المتحجرات في التأريخية النسبية ، الفروع الثانوية الستراتيغرافية ، دور التشققية في التمزقات ، التراتبية الرقمية ، وأصل الغرانيت .

I ـ الجيولوجيا

المدرسة الايطالية ـ في سنة 1711 درس غاليزي Galeazzi المتحجرات في جبل سان لوقا قرب

بولونيا، وعرف أن هذه الصدفات لا تشبه في شيء صدفات البحر الأبيض المتوسط وأنها لا بد وأن تكون قد أتت من المحيط الهندي ، مبيناً بالتالي أهمية مقارنة الحيوانات القديمة بالحيوانات الحالية .

وبعد عشر سنوات استعرض فاليزنياري Vallisnieri جيولوجية إيطاليا كلها ، ورسم الاوضاع العامة للرسوبات البحرية ، في فريول وفيستنين ، في فيروني وبولونيا ، في توسكانا وجبال الابينين . واستنتج أن البحر كان قد أقام فيها طويلاً وأن هذا الظرف كان مستقلاً تماماً عن الطوفان . وأخيراً وصف جبل بولكا المشهور باسماكه المتحجرة .

وفي سنة 1740 نشر انطونو لازارومورو Anton- Lazzaro كتابه « كروستاسي أديكلي » وقد كان المؤلف قد لُفِتَ بولادة جزيرة قطرها 500 متر وارتفاعها 8 أمتار ، في سنة 1707 ، في خليج سونتورين ، على أثر ظاهرات بركانية وهزات أرضية . وتعميماً من هذه الملاحظة اسند مورو الى تأثير البراكين والهزات الارضية كل الترسبات وكل الانقلابات . وفي حين اصبحت مياه البحر أكثر فأكثر ملوحة بسبب التصاعدات البركانية ، كانت رمادات البراكين تترسب في قاع البحر ثم ترتفع فيها بعد بفعل الهزات الأرضية .

ولاقت هذه النظرية نجاحاً كبيراً ، خاصة عندما قام الاخ كرم جنرلي Carme Generelli بعرضها وشرحها أمام الاكاديمية كريمونا سنة 1749 (سنة صدور أول طبعة من كتاب بوفون) . ومن المهم أن نشير الى أنه بعد هذه الحقبة حاول علماء الطبيعة أن يفسروا الظاهرات القديمة بظاهرات جارية ومن جهته قسم ج . اردينو G.Arduino اراضي فيستنين وفيرونا الى بدائيات (شست ميكي) ، وثانوية (كلسيات متحجرة) وثالثية (قليلة الارتفاع ، طرية مع متحجرات في جبل بولكا) وبركانية . وفي سنة 1759 أكمل ببراعة أعمال ستينون Sténon حول توسكانا Toscana .

وقد جذبت المتحجرات الصغرى ايضاً انتباه علماء الطبيعة الايطاليين . وعلى هذا وصف بكاري Beccari سنة 1729، المنخربات وقد لقبها ليني Linnéنوتيلوس بكاري(وهي روتاليا). وبعد 10 سنوات أعلن ج . بيانكي G.Bianchi (= ج . بلونكوس J.Plancus) أنه عثر على شواطيء ريميني Rimini ما يعادل القرن الصغير لامون المتحجر Ammon Fossile . وفيما بعد وصف سولداني Sol-dani العدد الكبير من هذه الصدفيات الحية والمتحجرة ، وبين أيضاً فائدتها . وانتهى القرن « بالايكتولوجيا الفيرونية » (المسمكةالفيرونية) لسرافينو فولتا Serafino Volta ، الذي وصف 123 نوعاً من الاسماك المتحجرة في لاسترارا قرب جبل بولكا . من هذه الانواع الـ 123 ، رأى المؤلف أن 12 نوعاً منها غير معروف في كتلة الحيوانات الحية .

وفي نصف القرن 18 نشر ترجيوني Targioni كتابه « رحلات الى توسكانا »(1751-1752) ، فوصف جيولوجيا هذه المنطقة التي كان قد نظر فيها دون أن يصفها ستينون 60 سنة من قبل . وقد حارب الراي الذي تقدم به بوفون من أن الوديان سببتها التيارات البحرية ، وعزاها ترجيوني الى فعل الانهار التي اجتازت حواجز البحيرات بعد أن تراجعت البحار .

المدرسة السويسرية - ولد جوهان جاكوب شوزر Johann Jacob Scheuchzer.(1672-1733) في زوريخ ، ولم ينفك ينشر طيلة 50 سنة تقريباً معلوماته عن بلد يعرفه بصورة كاملة . وفي كتابه بيسيوم كبريلا (1708) ، تكلم باسم الأسماك المتحجرة التي كانت ضحايا الطوفان ، كما تكلم عن جهل وظلم الناس الذين يرفضون الاعتراف لها بأنها اجداد الأسماك الحاضرة ويعتبرونها من مستوى الأحجار الجامدة .. والكتاب مزين بلوحات جميلة تمثل أسماكاً متحجرة من ألمانيا ومن إيطاليا .

في السنة التالية، ظهر «ارباريوم دبلو فانم» مجموعة من النباتات المتحجرة (صورة 38)، حيث تظهر بصمات من انكلترا وسويسرا وايطاليا ، وكذلك متحجرات أخرى ، بعضها أجزاء من آمونيت (متحجرات من العهد الثاني) بحواجزها التي تشبه ، كما يقول المؤلف ، بصمات من أوراق ، ولكنها في الواقع خطوط التحام ، أو انفصال بين مختلف الحجرات » (صورة 39) . يذكر شوزر Scheuchzer ان مظهر الصنوبريات في طبقات الفحم يثبت ظاهراً أن الطوفان قد حدث في شهر أيار . . .

وفي سنة 1716 نشر شوزر Scheuchzer كاتالوغ مجموعته الذي تضمن ، من النبات إلى الثدييات ، 1500 قطعة منها 528 من سويسرا . أما الآمونيات الموصوفة فمصنفة ضمن فئتين ، بحسب ما إذا كانت شوكية أو غير شوكية وتقسم كل فئة بدورها إلى ملساء أو مخددة ، ذات محيط مضغوط أو غير مضغوط ، ذات أخاديد بسيطة ، متفرعة ثنائياً أو ثلاثياً . أنها أول محاولة جدية لتصنيف « قرون آمون » .

ولاحظ جوهان غسنر Johann Gesner الذي أكمل عمل شوزر ان البقايا المتحجرة للشوكيات تنكسر دائماً مثبتة صفحات بلور كربونات الكلس . والفرنسي لويس بورجي Louis Bourget الذي عاش في نيو شاتل هو صاحب « كتاب المتحجرات » (1742) .

وفي النصف الثاني من القرن الثامن عشر ، تقاسمت مدينة زوريخ امتيازها كمركز جيولوجي مع جنيف التي اشتهرت ، بفضل ج - آ . دي لوك

الصورة 38 - بصمات النباتات المتحجرة

(ج . ج . شوزر نباتات الطوفان - Herbarium diluvianum)

J.A. de Luc وبنديكت دي سوسور B.de Saussure . ونشر جان اندره دي لوك Jean André de Luc (1817-1727) في سنة 1778 « رسائل فيزيائية وأخلاقية عن الجبال وعن تاريخ الأرض والانسان » موجهة الى ملكة انكلترا . هذا العنوان الغريب ينبىء عن الخلائط المدهشة التي يمكن أن تنوجد في النص . يذكر دي لوك كلمة جيولوجيا التي كانت مستعملة منذ زمن بعيد في انكلترا ، ولكنه يقول انه لا يستطيع استعمالها لأنها ليست فعلاً شائعة الاستعمال . لم يهتم ج. دي لوك الا بالجبال ، فميز بين الجبال البركانية القديمة ، والجبال المائية الثانوية والجبال الأولية أو غير القابلة للتفسير . . . وفي سنة 1798 ، وضمن رسائل موجهة الى بلومنباخ Blumenbach استكمل دي لوك نظامه . واعتبر القارات كقبة من الرسوبات البحرية ، المنثنية والممزقة بدوران كبير ، ثم المجففة بفعل تراجع المحيطات العام . وكما كتب يقول : ان هدفه هو إثبات صحة النبوءة الموسوية . وفي « صحيفة الفيزياء » ، يشبه النميات (أصداف) بعظام الحبار (حيوان بحري من الرخويات) ولكنه يبدي هذه الملاحظة الذكية أن نميات بايّون وايطاليا والهند متشابهة ، رغم المسافات وفوارق الارتفاع .

صورة 39 ـ خطوط التحام الامونيات عن ج. ج. شوزر .

وكان هوراس ـ بنديكت دي سوسور Bénédict de Saussure — Horace (1799 – 1740) احد أبرز الشخصيات في علم الجيولوجيا في ذلك العصر . فقد درس جبال الالب طيلة ثلاثين سنة . ونشر ملاحظات ضمن أربعة مجلدات اسماها «رحلات عبر الالب» (1796-1786) . وزيادة على الملاحظات الممتازة والمفصلة ، يعود إليه الفضل في أنه عرف كيف يستخلص استنتاجات ايجابية انطلاقاً من ملاحظات كلاسيكية حول التجعدات ، التي سبق ذكرها ج . ت نيدهام وجان دي ليمبورغ J.T.Needham et Jean de Limbourg . وفي سنة 1722 و1784 راقب الحشادات (صخر من حصى متكتلة) المنتصبة في فالورسين ، والملتقى الكبير للطبقات الجورية (نسبة الى جبال الجورا) عند شلال نانت دار بيناز ، في واد الآرف . وبدت له ضخامة الظاهرة بأجلى مظاهرها بحيث استنتج أن الترسبات قد هبطت أفقياً ، وإنها قد تجعدت وتثنت قبل أن تحجر ، إنما بسبب ما يزال مجهولاً . إنها لدروس أولى في علم التكتونيك (علم يبحث في قشرة الارض) وأول إشارة الى انحناء نائم .

فضلاً عن ذلك ان هـ ـ ب سوسور هو أول من أشار الى الارتدادات التي تسمى اليوم الحركات التماسية .

كتب بهذا المعنى ، سنة 1796 في كتابه « رحلات عبر الالب » : « هذا الحدث يعطي مثلاً جميلاً عن الارتداد الذي اعتقد أنه السبب العام في استقامة الطبقات التي كانت أساساً أفقية» .

في المجلد الاول من كتابه « رحلات عبر الالب » يعلن سوسور عن عزمه على أن يقدم يوماً ما وجهات نظر عامة شاملة حول الظاهرات الجيولوجية وأسبابها ولكنه في آخر المجلد 4 من هذا الكتاب اعلن عن عدوله عن هذا المشروع ، بعد أن أثنته عنه تنوعية الأحداث الملحوظة .

كتب يقول : «في شبابي، عندما لم أكن قد اجتزت الالب الا من خلال عدد من المعابر ، ظننت أني أدركت احداثاً وعلاقات عامه . . . ولكن بعد سفرات متكررة في مختلف اجزاء السلسلة تبين لي احداث أكثر ، فعرفت أنه لا يوجد في الالب شيء ثابت إلاّ تنوعها » .

المدرسة الالمانية ـ اعتمد جوهان غوطلب لهمان Johann Gottolb Lehmann (?1767) التمييز الذي أدخله ستينون بين الصخور المسماة «الأولية» بدون متحجرات وهي تشكل قشرة منشئية والصخور المسماة «الثانوية » ، وهي رسوبية ، وتحتوي على تحجرات . وبعد أن راقب في جبال هارز وارزبرج ، ميَّز ثماني تشكيلات متتالية : أولية ذات خيوط ، صلصال قديم أحمر ، ترسبات فحم حجرية Houille ، صلصال أحمر ثانوي ، طبشور أزرق ، شيست تكعيبي ، طبشور شيستي وزيشستين وهذا أمر ملحوظ يومئذ (1756) .

وتعتبر مذكرتا ج . ك فوشسل G.C.Fuchsel « تاريخ الارض والبحر . . . »(1762) و« مشروع تاريخ قديم للارض وللانسان » (1773) تقدماً بالمقارنة مع لهمان بتمييز مكان « موشلكالك » والصلصال المبرقش ، بالنسبة الى « زشستين » الكامن في هارز وتورنجن . فضلاً عن ذلك عرف فوشسل بعض المتحجرات المتميزة وأضاف إلى كتابه خارطة هي أصل الخارطات الجيولوجية الألمانية .

ولد بيتر سيمون بالاس في المانيا ، وكان احد مؤسسي الجيولوجيا الروسية . استدعته الامبراطورة كاترين الثانية سنة 1768 ، لكي يشترك في حملة كان عليها أن ترصد مرور الزهرة فوق قرص الشمس . . وارتحل بالاس في روسيا طيلة ست سنوات ، فزار الفولغا ، وشواطىء بحر قزوين والاورال وسيبيريا . وعاد منها بالعديد من المعلومات تهم كل فروع العلوم الطبيعية . وإليه يعود الفضل في اكتشاف وحيد القرن والماموث المحفوظين في ثلوج سيبيريا ، واكتشاف الحجر النيزكي في الينيسي .

وعرض في بحث قرأه أمام أكاديمية العلوم في سان بطرس برج ، سنة 1777 ، وجهات نظره حول تكون سلاسل الجبال التي درس (كوكاز ، أورال ، الطاي) ، فدل على تسلسل دائم في الصخور الغرانيتية وسط السلسلة ، وفي الصخور الشيستية في الخواصر ، ثم الصخور الكلسية في الخارج . هذا التقسيم للطبقات قد يبدو بدائياً ، إنما يجب أن نلاحظ ان ما نشره بالاس سابق لمنشورات هـ . ب سوسور ولمنشورات وارنر .

ورنر Werner والنبتونية ـ ولد ابراهام غوطلب ورنر (1750-1817) في بروسيا ، واهتم من صغره بالعلوم الارضية اذ ، منذ 1774 ، نشر كتابا كبيراً « في الصفحات الخارجية لاشباه المعادن » . وعُيِّن سنة 1775 استاذاً في أكاديمية المناجم في فريبرغ ، ودرس بعناية ، الخيوط Filons وأراضي

الساكس ، وأوجد علما جديدا « جيوغنوزي » اراد أن يؤسسه فقط على المراقبة ، وعلى المعرفة الايجابية .

وبعد اثنتي عشرة سنة قدم « تصنيف ووصف الاراضي » ثم في سنة 1791 ، لخص في « النظرية الجديدة في تشكيل الخيوط » Filons ، المعلومات التي لا تحصى التي حصل عليها . وتميز ورنر عن ستينون وعن لهمان وعن فوسل ، بعد أن تبنى أفكارهم ، أنه كان له مستمعون . فقد كان فكراً واضحاً دقيقاً ، وكان تعليمه يثير حماس الطلاب الذين كانوا يتوافدون إليه من كل بلدان أوروبا .

ووصف ورنر Werner العديد من الصخور ، وحدد العمر النسبي للقشرات المتراكمة ، وبين الاراضي « البدائية » والاراضي « الثانوية » أضاف الاراضي الانتقالية . ودرس بشكل عميق جداً ، الملاذات Gites الشبه معدنية . وفي نظره كانت الخيوط كلها مملوءة Per descensum .

وحاول أن يفسر كل تكونات القشرة الارضية ، لا انطلاقاً من النار ، بل من الماء . فكل الصخور كانت في الاول ، مذوبة في الماء ، ثم ترسبت . وهذه النظرية النبتونية تتعارض بشدة مع البلوتونية عند هوتون Hutton . وهكذا اعتبر ورنر وهوتون الفحم كنتيجة دفن واهتراء Altération المواد النباتية ، ولكن هوتون فسر هذا الاهتراء بفعل حرارة الضغط أما ورنر فرأى فيه المفعول المذيب للاسيد سولفوريك الآتي من البيريت Pyrite .

وفي نظر ورنر Werner ، أودع البحر ، ليس فقط الصخور ذات الطبقات والرسوبية ، بل أيضاً الغرانيت ، وكل الصخور البلورية . وهذه الاخيرة تكونت أولاً ، بفعل كيميائي ، إنها الصخور الأولية .

وتكونت سلاسل الجبال في البحر . ثم برزت عندما تراجع البحر داخل جيوب داخلة في الكرة . وهكذا في نظرية ورنر ، كانت الصخور كلها مكونة بفعل البحر ، والنشاط الداخلي للكرة قد أغفل تماماً . واعتبر وارنر ان البازالت ، كحجر رسوبي ، مترسب في محيط بدائي كان يغطي اعلى الجبال . أما الانفجارات البركانية ، فقد عزاها الى الاحتراق الباطني لطبقات الفحم الحجري Houille . وفي ما خص المكامن شبه المعدنية ، أقر ورنر انه عندما تتلاقى طبقتان خيطيتان Filon فان الاحدث هي التي تقطع الاخرى ، وإنه في ذات الطبقة الخيطية Filon ، تكون المنطقة الاقدم هي الواقعة في الأعماق وقرب الحيّزات الملحية . هذه الملاحظات أتاحت ، التمييز ، ضمن نفس المقاطعة District المنجمية ، طبقات Filons ذات أعمار مختلفة ، بحسب طبيعتها وفرقتها Gangue واتجاهها .

المدرسة البريطانية - استمر المؤلفون الانكليز في القرن 18 يستخدمون كلمة جيولوجية ومنهم : بيلي Bailey في كتابه : « جيولوجيا ، معالجة أو وصف للارض » (1736) ، وبنجامان مارتان Benjamin Martin في « النحو الفلسفي » Grammaire (1736) ، وجونسون Johnson في « جيولوجيا أو نظرية حول الأرض » (1755) .

وفي انكلترا ، كما في غيرها ، لم يفكر المتأخرون الا في أن يكونوا منسجمين مع الكتاب المقدس ، والطوفان وموسى Moise . وقد علم واعظ شهير ، جون وسلي John Wes- (1703-1791) ley ان البراكين وهزات الارض لم تكن موجودة قبل « الخطيئة » في حين أوضح الفلكي و . وايستون W.Whiston سنة 1708 ، ان الطوفان بدأ نهار الاربعاء 28 تشرين ثاني

وشرح ج . ت . نيدهام J.T.Needham بنية وأصل سلاسل الجبال ، بشكل جيد جداً ، فقال : إنها مؤلفة ، من طبقات محورية المركز ، ذات سماكة واحدة ، ارتفعت ثم انكسرت بعد أن كانت قد اكتسبت نوعاً من المناعة ، بعد حالة السيولة التي كانت عليها يوم ترسبها ، كما يثبت ذلك وجود المتحجرات الحيوانية والنباتية . وسماكتها المتساوية ، على امتداد طويل تثبت، أنها قد ترسبت افقياً . وهذه المعلومات نشرت بتاريخ 1769 وهي سابقة على معلومات جان لمبورغ Jean de (1770) Limbourg ومعلومات بنديكت سوسور (1776-1784) .

جامس هوتون James Hutton ـ والبلوتونية ـ الاسكتلندي جامس هوتون (1726-1797) الذي ترك الطب ليدرس الجيولوجيا ، لم يبن نظريات من وراء مكتبه ، بل درس طويلاً على الارض . واعتبر كتابه « نظرية حول الارض » المقدمة الى الجمعية الملكية في أدنبره سنة 1875 والمطبوعة سنة 1795 ، غامضاً نوعاً ما. ولم تعرف الشهرة الدائمة إلا بعد أن قام جون بليفير John Playfair (1748-1819) تلميذ هوتون بشرحها ، في كتاب : « توضيحات حول النظرية الهوتونية » (1802) .

لقد شرح هوتون أولاً طبيعة ونشأة الصخور الرّسوبية ، واعتقد أن الشيست الميكاسي Micacés ، وحتى النايس، هي مثل هذه الصخور قديمة جداً . واعتقد أن تجمد الترسبات يعود الى الضغط المتزايد الممارس على القشرات العميقة ، المعرضة لحرارة النار المركزية . ويأتي الوضع الحالي للطبقات البحرية المتحجرة من ارتفاع هذه الطبقات أو القشرات ، لانها لم تعد افقية بل معوجة الشكل وملساء . والتمليس ، موجه من أسفل الى أعلى ، يعنف الى درجة أنه يلحق بصخور أكثر قدماً .

وقوتها مرتبطة بالقوة التوسعية للحرارة المتأتية من النار المركزية . ويعترف هوتون ، بعد ورنر Werner ،بتأخر وتخلف الخيوط المعدنية عن الشطائر التي تقطفها وتجتازها . أما الصخور الانفجارية ، والغرانيت بشكل خاص ،فيرى فيها مواداً بعد ذوبانها بالحرارة قد ارتفعت هاربة من أعماق المناطق المعدنية : إن السيولة الاصلية تثبت بالبنية البلورية . لقد تسرب الغرانيت بشكل ظاهر الى الصخور الرسوبية ، ولذا فهو قد جاء بعدها . هذا العرض اصبح جسم عقيدة سمّيت « بلوتونية » وهي تتعارض بشدة مع نبتونية ورنر ، وقد انتصرت عليها أخيراً عندما انضم اليها آ . فون همبولد A.Von Humboldt وليوبولد فون بوش Leopold Von Buch .

وليم سميث William Smith ـ يعتبر وليم سميث (1768-1839) واحداً من مؤسسي الستراتيغرافيا » المطبقة على علم الخرائط Cartigraphie . ومنذ 1799 اقترح « سلماً ستراتيغرافيا للتكونات الثانوية في غربي انكلترا » وأقر تراتباً في التتابع مؤكداً بفعل التعرف على ماهية بعض

المتحجرات المتأتية من مناجم بعيدة عن بعضها البعض . ودرس المتحجرات مع بنجامان ريشاردسون Benjamin Richardson وجوزف تساونسند Faunrend Townsend ، فحدد العمر النسبي للطبقات ، ونشر خارطة ملونة لمنطقة باث ، وهي الخارطات الأولى الجيولوجية الانكليزية . وفيما بعد ، سنة 1815 وسع أعماله حتى شملت الخارطة الجيولوجية في انكلترا وبلاد ويلز .

تصنيف الانواع ـ حتى القرن 18 كان العلماء الطبيعيون يجمعون ، من غير تنظيم كل المتحجرات وحتى كل الاحجار ذات الشكل الغريب الملفت . وكانت هذه الاشياء توصف وتصور ، وحتى تقارن بمجموعات حية إنما من غير أي اهتمام بالصفات التشريحية والمورفولوجية (Morphologiques) . وكانت المحاولات التي قام بها ، في القرن 17 ، موريسون ، وجون راي ، وتورنفور وليبنيز Morison, John Ray, Tournefort et Leibniz ، لتعريف النوع ، ما تزال غير كافية للوصول الى تصنيف عام للكائنات الحية وللمتحجرات . وكان هذا الهدف أقرب الى التحقيق في القرن 18 بفضل وضع الجداول المزدوجة من قبل ليني Linné ، وبفضل محاولات التصنيف الطبيعي للنباتات ، وكلها أمور قام بها آدانسون ، وبرنار ، وانطوان لوران دي جوسيو Adanson, Bernard et Antoine-Laurent de Jussieu .

المدرسة الفرنسية ـ في سنة 1708 ، نشر ج . استروك J. Astruc مذكرة حول المتحجرات في ضواحي مونبليه ، وهي كما يقول المؤلف قواقع تركها البحر المتوسط . في سنة 1720 وفي مذكرة حول القواقع البحرية في رمال منطقة تورين المحاربة، الفرنسية ، يفسر ريومور Réaumur وجود هذه القواقع بشكل فريد . فهي قد حُطت من قبل تيار محيطي آت من المانش ، وهو المسؤول عن كتل قواقع شومون آن فكسان Chaumont-en-Vexin ، عن الحجر الكلسي الخشن من المنطقة الباريسية أو عن توتياء من طبشور الشارتر ، ثم ذهب مرتداً الى الأطلسي في منطقة نيورت ولاروشل Niort et La Rochelle ، حيث ترك الأمونيات Ammonites . . وقدمت هذه المذكرة الى الاكاديمية من قبل فونتنيل Fontenelle الذي شرحها شرحاً بديعاً .

« إنه وإن بقي سيبقى فعلاً على الأرض الكثير من بقايا وآثار الطوفان العام المذكور في الكتابات المقدسة ، فليس الطوفان ، على الاطلاق ، هو الذي اوجد قواقع التورين . . . فهذه القواقع لا بد وأنها قد جاءت وزضعت بهدوء ، وببطء ، وبالتالي في وقت أطول من سنة . ويتوجب إذن ، أو قبل أو بعد الطوفان أن يكون سطح الارض ، على الاقل في بعض الأماكن ، مختلف الترتيب عما هو عليه الآن، وأن تكون البحار والقارات ، في ذلك ، ذات ترتيب آخر ، وأخيراً أن يكون هناك خليج كبير في وسط التورين » .

في سنة 1710 ـ لفظ فونتنيل ـ وهو يقدم الى الأكاديمية أعمال المستحثّات لشوزر ـ هذه الكلمات التي أصبحت كلاسيكية :

« هذه هي أنواع جديدة من الميداليات ، تواريخها هي بدون مثيل ، مهمة وأكثر ضماناً من

تواريخ كل الميداليات اليونانية والرومانية » .

وأهم الاكتشاف الذي قدمه ريومور ايضاً فونتنيل أول فكرة عن الخرائط الجيولوجية : « كتب يقول : لكي يتم الكلام بوثوق عن هذه المادة ، لا بد من الحصول على أنواع من الخارطات الجغرافية المنظمة بحيث تشمل كل أنواع الصدف المدفون في الارض . كم من المعلومات نحتاج وكم من الوقت يلزم للحصول عليها . ومع ذلك من يدري إذا كانت العلوم سوف تتوصل يوماً ما إلى هذا الحد ، على الاقل جزئياً .

وفي فرنسا ، كما في غيرها ، كان هناك متأخرون واشهرهم فولتير ، الذي كان يتكلم باستخفاف ، فلم يتردد ، سنة 1746 ، من وصف برنار باليسى Bernard Palissy بأنه خيالي ، كما زعم بأن القواقع التي يعثر عليها في الجبال قد جلبها حجاج عائدون من سوريا أو من سان جاك دي كومبوستيل . وبالمقابل ، وعدا عن علماء الطبيعة الذين اوجدوا بصبر وأناة علوم الارض ، يجب التذكير بالجهد الفاضل الذي بذله ديدرو وأصحاب الموسوعة الذين كانوا في وسط الصراع ضد النظرية الطوفانية التي نادت بها الكنيسة .

ناقش بنوا مايي Benoist Maillet في كتابه « تليامد » (1748)عبارات صفر التكوين ، والمح الى أن الايام في الكتابات المقدسة هي حقب ، وأنكر باصرار إمكانية حدوث طوفان شامل . وتكلم عن المتحجرات فقال إن الحيوانات والنباتات الارضية هي من سلالة الحيوانات والنباتات التي كانت تعيش في البحر الشامل الذي أدى تراجعه إلى ظهور الجبال .

واشتهر جان ـ ي غيتار Jean-E. Guettard (1715-1786) ، في سنة (1746) بنشر كتاب (بثلاث سنوات قبل نشر كتاب نظرية الارض لبوفون Buffon) عنوانه : « مذكرة وخارطة منجمية حول طبيعة وحول وضع الاراضي التي تتكون منها فرنسا انكلترا » وفي هذا الكتاب بين غيتار عن وجود نوع من الانتظام في التوزيع الذي حصل في الصخور والمعادن وغالبية المتحجرات الاخرى . وفي الاجمال ميز في خارطاته الجيولوجية 3 مناطق مركزية : الرملية والصلصالية ثم الشيستية أو المعدنية . وأكثر من ذلك قسم غيتار كل واحد من تقسيماته الى 4 قشرات ذات طبيعة متنوعة ، بواسطة 150اشارة اصطلاحية دالة على الاحجار وعلى المقالع وعلى الجيوب التحجيرية وعلى المنابع الحرارية الخ . وحقق بهذا أول خارطة جيولوجية تستحق هذا الاسم . وكان لافوازيه مشاركاً ناشطاً لغيتار في مشروعه الكبير « الاطلس المعدني والمنجمي لفرنسا » والذي تضمن 214 ورقة ، واستخدم 211 مصطلحاً .

ونشر غيتار العديد من الملاحظات والمعلومات حول المتحجرات ، وحول جفصينيات باريس ، وحول ثلاثيات الفصوص انجرس الشستية ،وحول ثدييات الجفصين الباريسية ،والنوميات وأشباه المعادن في الدوفينه (1779) . واحد اكتشافاته الأساسية حصل في منطقة أو فرنيا عند رجوعه من ايطاليا . وعند كلامه عن فولفيك Volvic قرب كليرمون Clermontصرح : « فولفيك ، فولكاني فيكوس » ، وأعلن أمام أكاديمية العلوم في 10 أيار 1752ان العديد من الجبال في وسط فرنسا هي براكين قديمة . ولم

يصدقه احد يومئذٍ . وأكمل دراساته سنة 1759 ، ولكن للعجب ، لم يهتدِ بأن البازلت هو صخرة بركانية .

وقام نيقولا ديماري Nicolas Desmarest (1815-1725) ، بعد زيارة لايطاليا ، بوضع خارطة مفصلة لبراكين اوفرنيا ، وبين الاصل البركاني للبازلت ـ وهو أصل لم يقبل به كوفيه Cuvier سنة 1808 ـ وعرف ديماري Desmarest ماهية تركيب البراكين الملتهبة والبراكين المنطفئة .

ويبدو أيضاً أن ن . ديماري هو أول من ميز بوضوح الثنيات المقعرة (... ت منحنية تشكل قوس مقعر) والثنيات المحدودبة (وهي طبقات محدودبة بشكل قوس محدودب) كما ميز التشويهات التي نعبر عنها اليوم بكلمة متقعّرة ومتحدّبة وهاتان الكلمتان أوجدهما كونيبير وبوكلاند Con-ybeare, Buckland سنة 1822 ونذكر أيضاً اسم الاباتي بلاسو Palassou واليه يعود الفضل في كتاب عنوانه : « بحث في علم المناجم في جبال البيرنييه » (1781) . وعرف بلاسو اولاً الوضع المتوازي العام للقشرات بالنسبة الى محور السلسلة . وعزا انخفاض الوديان الى الحت الذي أصابها بفعل مجاري المياه (وليس بفعل البحر كما هو معتقد شائع عموماً) . واقترن بحثه بخارطة جيولوجية للمنحدر الشمالي من السلسلة المدروسة .

عمل بوفون **Buffon** ـ أخذ بوفون عن ديكارت وعن نيوتن وعن ستينون وعن ليبنيز فكرة النار المركزية ، وجعل منها أساساً لنظام فصله في « نظرية حول الارض » وفي « ازمنة الطبيعة » .

وفي سنة 1749 نشر « نظرية الارض » . وفيها انتقد بشدة هذرات فولتير ، وبين تشتت المتحجرات ، وميز الأنواع الداخلية والأنواع الشاطئية وأشار إلى الزوال الكامل لبعض الأشكال مثل قرون آمون .

وبعد ديماري عرف بوفون الاصل الناري للبازالت ولاحظ أن نار البراكين لا تأتي من النار المركزية ، ولا حتى من عمق عميق ، لان « الهواء ضروري جداً لاشتعالها ، أو على الاقل لاستمراريتها » . وكان بوفون قليل الرغبة في الصدام مع الكنيسة ، فكتب يقول « ان الارض كانت قبل الطوفان ، كما هي اليوم تقريباً » . وعزا تكون الجبال أولاً الى فعل البحر فقط ولكنه في الطبعة الثانية أكد « ان الجبال لم تكن مؤلفة بفعل المياه بل بفعل النار الأولى . ولم تعمل المياه إلا في المرحلة الثانية » .

وفي سنة 1778 نشر بوفون كتابه الكبير « ازمنة الطبيعة » ، وهو كتاب طويل فضفاض ، أحياناً قليل الوضوح ، مثقل بالتاملات الفلسفية ، ولكنه يتضمن أفكاراً عديدة أصيلة بعضها رفضته كلية اللاهوت في باريس . واكتفى بوفون بالاسباب الحالية ليفسر الظاهرات القديمة ؛ فضلاً عن ذلك لقد جهل هذه وتلك أي الظاهرات القديمة والحديثة ، نظراً لانه قليل الاتصال المباشر بالطبيعة . وكان ذا ذكاء عجيب فعالج كل المواضيع وعرض أفكاراً جديدة خالصة .

وكان أول من تجرأ على التعبير عن رأي واضح حول مدة الازمنة الجيولوجية . كتب يقول : « إن

القشرات المتراكمة نتجت عن ترسبات تحت المياه ، ترسبات امتدت طيلة آلاف السنين وليس فقط بخلال أيام الطوفان الاربعين » .

وقسم بوفون هو أيضاً تاريخ الارض الى 6 حقب ، وكانت عنده الجرأة العظيمة ليحدد مدتها الدنيا بـ 75 الف سنة . وأجاب على الاعتراضات التي وجهت إليه ، باختراع طريقة الحساب المتعلقة بمدة الترسب . ولاحظ رقة أوراق الإردواز ، ولاحظ أن الموجة في ارتفاعها قلما ترسب إلا 1/12 من خيط سماكة المترسبات . مما يجعل الترسب السنوي محدوداً بـ 5 بوصات وهذا يقتضي 14ألف سنة لترسيب تلة صلصالية من 1000 قامة كارتفاع . وأضاف أن الـ 75الف سنة التي ذكرها ليست إلا مقداراً غير كافٍ على الاطلاق .

وأيد بوفون الزوال الكامل لبعض المجموعات الحيوانية المتحجرة تماماً ، مضيفاً الى قرون آمون Ammon والاحجار النوميسمية (نسبة الى النوميليت) ومضيفاً أيضاً البلمنيت وأحجار جودية (مسلات التوتياء Oursins)، الخ . وسوف تستعاد أفكاره حول تطور الأنواع ، التي درست سابقاً[1] ، في القرن التاسع عشر تحت تسميات المنافسة الحادة ، والانتقاء الطبيعي وتأثيرات المكان . نذكر أخيراً أن بوفون هو أيضاً مبتكر علم المستحثّات . لقد عرف إلى حد ما أجناس الحيوانات الثديية الحديثة في العالمين القديم والجديد ، واستنتج منها أن هاتين القارتين كانتا متصلتين في الماضي وإنهما لم ينفصلا إلا في « الحقبة السادسة » .

وكان لانتاج بوفون المهم نجاح ضخم وساهم تماماً في نشر حب العلم الطبيعي . واحتوى تأليفه أموراً جديدة سوف تأخذ كل قيمتها في القرن التاسع عشر .

دولوميو Dolomieu ـ في السنة الخامسة وفي السنة السادسة من الجمهورية الاولى الفرنسية ، زار ديودوني دولوميو (1750-1801) قسماً من جبال الالب ، واخذ يتثبت مكانياً من معلومات هـ . ب . سوسور . وفي تقرير نشر في جريدة المناجم عرض تصوراً لظاهرات التغطية التي كانت في أساس نظرية « مستنقعات النقل». وهذه الظاهرة بدت عجيبة الى درجة تحملنا على ذكر النص الاساسي ، رغم ما فيه من غموض ورغم الاسباب الغريبة الواردة فيه :

« إن تفسير هذا الوضع (استقامة وانتصاب الطبقات سترات) ، لا يمكن أن يكون نشوئياً ، ومن كل الشذرات والاضطرابات الظاهرة الملحوظة في هذه الجبال ، لا يمكن أن يحدث الا بافتراض وجود صدمة تضرب بشكل منحرف القشرة المتجمدة من كرتنا ، بحيث دفعتها وكسرتها بعنف ثم ازاحتها ورفعت قواعدها فأجبرت بعضها على التقوس وعلى التصادم فيما بينها بحيث ساندت بعضها بعضاً في الهواء، كتلك الكتل التي كونت « الجبل الابيض » في حين ان الاخريات ، وقعت بعد الرجفة فمادت واضطربت فوق الكتل الدنيا ، وهكذا تدعمت في وضع لا يبعد كثيراً عن وضعها المنشئي . تلك هي الكتل التي يتكون منها المنروز » .

---

(1) انظر الفصل حول مشاكل البيولوجيا .

جيرو ـ سولافي Giraud-Soulavie ـ كان جان لويس سولافي Jean-Louis (1752-1813) Soulavie ، الذي لبس ثوب الرهبان تحت اسم جيرو Giraud ، المؤسس الحقيقي لعلم البليانتولوجيا الستراتيغرافية ، كما كان بذات الوقت احد طليعيي التحولية . وكان أيضاً أول من تصور ماهية مدة الازمنة الجيولوجية .

وفي سنة 1772 اكتشف جيروسولافي براكين فيغاري وقارنها فيما بعد بحمم أجدْ . واشار بأن انسيابات حمم فيغاري كانت تقطع بعمقها بمجاري المياه ، وإن كتلها كانت تنقل إلى حوض نهر الرون ، بعيداً بعيداً نحو المصب . واعتقد أن هذا العمل الانحتاتي والنقلي قد دام طويلاً جداً ، فتصور ترتيباً زمنياً مرتكزاً على زمن حفر الوديان . وربما استلهم من عمل سابق قام به هـ . غوتيه H.Gautier من نيمس ، صدر سنة (1723-1724) ؟ وعلى كل توصل جيرو الى أرقام تجاوزت المدة التاريخية الواردة في الكتابات المقدسة .

وجاء الى باريس سنة 1778 قاصداً وضع « جغرافيا فيزيائية لفرنسا » . ولقيت فكرته هذه ترحيباً فتبنتها الاكاديمية . وبدأ ظهور كتاب « التاريخ الطبيعي لفرنسا الجنوبية » بـ 7 مجلدات ، سنة 1780 . ولكن أفكار جيروسولافي Giraud-Soulavie لقيت معارضة من بوفون ، فلم ترحب بها جماعة المفكرين المتزمتين . وبين نشر بعض مقالاته التي يحدد فيها المدة التقريبية للظاهرات الجيولوجية بعدة مئات من الملايين من السنين ، ضخامة اختلافه مع الكتابات المقدسة . واجبروه يومئذٍ ، اي سنة 1784 ، وعمره 32 سنة ان لا يبحث في الجيولوجيا ومنعوه من نشر المجلدين الاخيرين من كتابه . ومنذ 1779 كتب يقول أنه بالامكان تصنيف الاراضي الرسوبية بحسب المتحجرات التي تحتويها :

« إن النباتات المجهولة ، والمدفونة في الصلصال القديم والقواقع البحرية المدفونة في الرخام الاولى قد احتلت ، وهي الاولى ، مملكة البحار والارض . . . ومن بين القواقع هناك عائلات وجدت قبل اخرى . . . والطبيعة قد كثرت العائلات ، وإنها حسنتها دائماً ، وذلك بشكل متزايد فأوجدت أولاً الاكثر بساطة ثم الاكثر تعقيداً . . . » .

وقد توصل بعد ذلك الى قسمة تاريخ الاراضي الرسوبية الى 5 حقب : العصر الاول وفيه الحيوانات المتحجرة التي لم يعد لها مثيل في عالمنا الحالي (من هذه الحيوانات المتحجرة : اورتوسير ، بلمينت ، امونيت) ؛ والعصر الثاني اظهر خليطاً من هذه المتحجرات نفسها مع غيرها من التي لها حتى اليوم شواهد تمثلها،مثل المشطيات والقواقع؛ والعصر الثالث «وفيه قواقع حديثة تعيش ذرياتها حتى اليوم في البحار وهي تقطن في الحجر الطري والكلسي » ؛ والعصر الرابع وهو عصر الشيست المتشجر في كوارون (في ميوسين) ؛ والعصر الخامس وفيه تجمعات وتراكمات تحتوي على أنياب الفيلة .

وركز جيروسولافي على زوال الحيوانات القديمة زوالاً تاماً ، ثم استبدالها بأخرى سوف تهلك بدورها . وتبين بأنه طليعيٌ من رواد التحولية ، عندما أكد بأن تكاثر الأشكال ، تكاثراً معروفاً في كل عائلات العالم العضوي ، يتأتى عن فساد الأشكال القديمة بتأثير من البيئة (ارض حرارة غذاء الخ) . وخضع هذا الرائد العبقري الذي طلب اليه أن يسكت فسكت وترك الجيولوجيا . وعندما جاءت

الثورة الفرنسية استغل الحريات الممنوحة الجديدة لكي يوضح سنة 1763 بأن زوال دفعة وحيدة من الحمم المنسابة يمكن أن يدوم أكثر من 6 ملايين سنة . إن جيروسولافي قد تخطى حاجز سفر التكوين وافتتح علم الجيرلوجيا الحديث .

II - ما قبل التاريخ

يدرس « قبل التاريخ » ، وهو الفصل الاخير من علم الجيولوجيا ، الازمنة القديمة السابقة على التاريخ ، وتطور البشرية طيلة المليوني سنة التي تشكل ازمنة العصر الرابع عند الجيولوجيين . ويدرس هذا الرابع بالاستناد الى الترسبات ، والى الحيوانات والنباتات المتحجرة التي عثر عليها فيه ، والبشر المتحجرين والصناعات البشرية (الصوان المصقول في أغلب الاحيان) .

هذا الدرس يفترض اذن بصورة مسبقة معرفة الصناعات البشرية السابقة على المعادن ، معرفة العصور القديمة في حياة الانسان وتعاصرية الحيوانات والنباتات المتحجرة . هذه التصورات كانت صعبة التحصيل في عالم متعود على أن لا يحسب حساباً إلا لما هو وارد في « الكتابات المقدسة » وإلا حقيقة الطوفان الكوني . إلا أن بعض الاسئلة سوف تطرح في القرن 18 من قبل بعض الرواد .

الاتنوغرافيا المقارنة - كانت الفؤوس المصقولة أو الململمة تحمل دائماً اسم « سيرونيا » او « حجر الصاعقة » ، عندما ظهر سنة 1717 كتاب بعد ممات صاحبه لميشال مركاتي Michele (1541-1593) Mercati « المتالوتيكا » حيث يوجد تصور أكثر صحة .

كتب مركاتي : « إن أغلب الناس يعتقدون أن « السيروني » تخلقها الصاعقة . ويرى الذين يدرسون التاريخ أنها قد انفصلت بصدمة عنيفة من الصوان الصلب جداً ، وقبل استعمال الحديد ، من اجل جنون الحرب . لان اقدم الرجال كانت سكاكينهم شظايا الصوان » .

وبعد عدة سنوات شبه آ . جوسيو A. de Jussieu واليسوعي لافيتو Lafitau (1724) والقاضي ماهودل Mahudel هذه الادوات الحجرية عند اجدادنا ، بالاسلحة الحجرية لدى الشعوب المتوحشة الحالية ، وبينوا تشابهها . إنها أولى المحاولات في علم الاناسة المقارنة (اتنوغرافيا) .

في سنة 1715 عثر صيدلي وانتيكاتي لندني Londres كونييرز Conyers في بحصاصات على فأس مقصوبة في جوار هيكل فيل . وأطلق صديقه باغفورد Bagford الفرضية بأن هذا الفأس قد ادخلها الرومان ، في ظل حكم الامبراطور كلود Claude . وفي أواخر القرن 18 ، اكتشف انكليزي آخر ، جون فرير John Freire اكتشافاً مماثلاً في هوكسن في سوفولك ، وأعلن أنه « يعود الى حقبة أكثر بعداً في التاريخ ، وأبعد بكثير عن عالمنا الحاضر » . ومرت هذه الملاحظة المدهشة ، غير منظورة . إنها المرة الأولى ، ربما ، التي يشار فيها إلى قدم الانسان القديم ، إنسان عاش مع الحيوانات البائدة .

عصر العمالقة - كان ما قبل التاريخ محكوماً ، في القرن 18 ، بعادة اعتبار الكتب المقدسة

وكأنها علميا وحرفيا صحيحة . حتى إن إمكانية وجود الناس المتحجرين لم تظهر إلا في السنوات الاخيرة من القرن . والمسألة لم تكن تطرح بجدوى ، إذ كان من المقبول ان الاقدمين كانوا عمالقة أكبر منا بكثير . لقد حطم الطوفان الكوني كل البشر باستثناء نوح وعائلته ، واذن لا جدوى من البحث عن جدود .

ويمكن أن نقرأ في سفر التكوين ما يلي : « في ذلك الزمان ، كان هناك عمالقة على الأرض بعد أن تقدم ابناء الله نحو بنات البشر فأعطوهن الاولاد . هؤلاء الابطال هم الذين كانوا مشهورين في العصور القديمة » (ك ، 6 ف ، 4) .

وهكذا آمن الناس في العصور القديمة والقرون الوسطى وعصر النهضة بوجود العمالقة . وفي القرن السادس عشر كان الكهان يحتفظون في كنيسة فالنسيا Valence ، في اسبانيا بناب من فيل متحجّر يقال أنه من سان كريستوف ،وفي كنيسة أخرى أسبانية كان هناك عظم ساق فيل متحجّر يُتبَرَك به وكأنه ذراع قدِّيس . وفي سنة 1714 ، تلقت الجمعية الملكية مذكرة من الدكتور كوتنماذر Cotton Mather من بوسطن يقول فيها أن عظام الماموث التي أكتشفت في ألباني سنة 1705عرضت وكأنها عظام عرق ملعون سابق على الطوفان . وفي القرن الثامن عشر تحدث شوزر Scheuchzer عن عظام عملاقة وجدت سنة 1577 في جوار لوسيرن ، وقد عزاها فليكس بلاتر Félix Platter ، أستاذ كلية الطب في بال إلى إنسان طوله 17 قدماً .

وكان التركيب الجسدي التشريحي لاجدادنا مجهولاً جداً حتى أن شوزر Scheuchzer ، وهو عالم طبيعي موهوب صنف سنة 1726 ، تحت اسم الرجل الشاهد على الطوفان بأن له هيكلاً عظمياً شبيهاً بهيكل السلمندر المتحجر في منطقة أونينجن في سويسرا. وهذا الوصف أورده ثانية أ. ج . ديزاليه A.J.Dezallier من أرجانفيل ، وليس إلا في سنة 1787استطاع المشرح كمبر أن يتعرف ئيه على زحافة ، حددها فيما بعد كوفيه Cuvier .

ولم يخف موضوع الانسان المتحجر على بوفون ، اذ ، في سنة 1778 ، في « ازمنة الطبيعة » أشار أن الانسان برأيه متأخر جداً عن الفيلة وعن وحيدات القرن المتحجرةالتي وجدت عظامها وأنيابها، في رسوبات نهر السين وغيره من المجاري المائية . ورغم هذا الخطأ ، كان لبوفون فضل اتخاذ موقف وتوضيح رأي معاصريه .

وليس إلا في سنة 1797 ،حين طرح جون فرير John Frère مسألة الانسان الاقدم وقدمه ، إنسان معاصر للحيوانات الزائلة .

III ـ علم أشباه المعادن

قدمت انسيكلوبيديا ديدروو دالمبير Didrot, d'Alembert في سنة 1765 «للمينيرولوجيا» ، بقلم البارون هولباخ Holbach ، تعريفاً يشمل كل علوم الارض : « كتب هولباخ : المينيرولوجيا ،

بكل اتساعها ، هي القسم من التاريخ الطبيعي الذي يهتم بمعرفة مواد العالم شبه المعدني ، اي بالاحجار ، والاملاح ، والمواد الملتهبة ، وبالمتحجرات ، اي ، بكلمة ، بالاجسام غير الحية ، وغير المزودة بأعضاء حسية ، والموجودة في باطن الأرض وفوق سطحها . وبمعنىً أقل اتساعاً يفهم بكلمة مينيرولوجيا سلسلة الاعمال المستحدثة من اجل استثمار المناجم ، وعندها يدخل التعدين في علم المينيرولوجيا » .

وإلى جانب هذا التعريف غير الكافي أيضاً ، نجد أفكاراً موفقة جداً حول دور الملاحظة والعمل على التربة : « البحوث الهادئة في المختبر ، والمعارف المكتسبة في الكتب لا يمكن أن تشكل عالماً مينيرولوجياً ؛ إن عليه أن يقرأ في كتاب الطبيعة الكبير ؛ وعليه بالغوص في أعماق الأرض يترقب أعمالها الخفية ؛ وعليه أن يتسلق ذرى الجبال الصعبة ؛ وعليه أن يتجول في مختلف المناطق ، حتى يتوصل الى اقتلاع بعض الاسرار من الطبيعة التي تخفي عن ابصارنا أسرارها .

ان المينيرولوجيا كما نفهمها ، لم تكن يومئذ علماً مستقلاً . في القرن 18 بحث فالريوس وورنر Wallerius, Werner عن قواعد لتحديد وتصنيف اشباه المعادن ، في حين عكف برغمان وكرونستد وي فون بورن Bergman, Gronstedt, I. Von Born على تركيبها الكيميائي . وكانت النتائج التي حصل عليها هؤلاء غير واضحة ؛ فقد اعتبروا مثلاً الفلسبار « كتراب صواني » ، متحد بالصلصال وبقليل من المنغنيز » .

وقد اعتبر توربن برغمان Torbern Bergman (1735-1784) في أغلب الاحيان ، كرائد سابق على هاوي ، لأنه قدم تفسيراً لانتقال الموشور السداسي المنتظم الكلسيتي الى الموشور السداسي والى الأخمعي . والواقع أن وجهات النظر مختلفة نوعاً ما . ففي حين اكتفى برغمان بمجرد الملاحظات الجيومترية ، فيما يتعلق بالانتقال من شكل الى آخر دون أن يحاول تفسير الأصل ، ركز هاوي Haüy استخلاصاته على نظرية عامة حول بنية البلوريات (ش. موغوين) .

وقد ركز ليني على الاشكال المتبلرة (1735) ، ولكنه اعتقد أن كل المعادن من نفس الاشكال الجيومترية لها تركيب كيميائي متماثل . في سنة 1745 ، أشار الكيميائي الروسي لومونوسوف Lomonossov في كاتالوغ مهم لاشباه المعادن ، الى ثبات الزوايا الزوجية (dièdres) في بعض المتبلرات ، ولكن عمله بقي مجهولاً من قبل علماء الطبيعة في أوروبا الغربية . وفي سنة 1772 ، وفي « محاولة حول علم المتبلرات » وضح رومي دي ليسل Romé de L'Isle (1736-1790) معارف عصره ، وفي سنة 1783 ، اكتشف مع تلميذه آ . كارانجو A. Carangeot قانون ثبوتية فتحة الزوايا الزوجية (dièdres) في المتبلرات من نفس النوع كما اكتشف أسلوب البتر (Troncature) . وأشار الى أهمية علم المتبلرات Cristallographie (وهو الذي ابتكر الاسم) .

وبهذا الشأن كتب في « بحث في علم المتبلرات » (1772) : « إن الكتاب الذي اعرض على الجمهور ، ليس تدويناً كاملاً كما تقتضيه الحالة الحالية لمعارفنا بل هو ليتولوجيا ، تؤدي ، مع

المينيرولوجيا ، الى افكار عامة حول نظرية الارض ، التي لم يبحثها ويستنفدها اي علم ، إذا لم تكن المتبلرات هي أساس هذا النظام وسنده الثابت » .

ووجد معارضاً خطراً له في شخص بوفون الذي لم يعط الاشكال المتبلرة الا أهمية ضئيلة لان فهمه لها كان تبسيطياً .

كتب بوفون بهذا الشأن : « يمكن القول بكل جدية أنه لم يكن هناك الازجاج بدائي واحد هو الكوارتز ، والذي تغير مادته بملون الحديد ، أخذ شكل اليشب وشكل الميكا ، عن طريق تقشّر للاثنين ، وهذا الكوارتز بالذات ، مع كمية أكبر من الحديد ، وغيره من المواد المتنافرة تحول الى فلسبارات والى سكورل . ومن خلال هذه الاشكال الخمسة حددت الطبيعة عدد الزجاجات الأولى التي انتجتها النار الأولية ، ومنها ركبت فيها بعد كل المواد الزجاجية المعروفة في عالم أشباه المعادن » .

أما الخصائص الذاتية ، فقد وقف بوفون عند الصلابة ، وعند الثقل النوعي ، وعند الانسجامية ، وعند الانصهارية والاحتراقية . إن الشكل البلوري ليس إلا أمراً عارضاً . وكل هذا يدل بوضوح على أنهم كانوا لا يعرفون بوضوح ماهية النوع المنجمي « المينيرالوجي » ، وإنهم كانوا لا يعرفون كيف يحددون صفاته الاساسية . الكيميائيون وحدهم كانوا يعتبرون النوع المنجمي كمجموعة من الكائنات غير العضوية ، المتشابهة في تركيبها الكيميائي .

رنيه ـ جوست هاوي René-Just Haüy ـ علّم المينيرولوجيا في « بستان الملك » صديق لبوفون ، هو الزوولوجي دوبنتون Daubenton (1716-1800) . وكان من بين تلاميذ هذا الاخير كهنوتي شاب ، رينه جوست هاوي (1742-1822) الذي سوف يصبح المؤسس الحقيقي للمينيرولوجيا الحديثة .

وفي سنة 1770 ، اخذ الاباتي هاوي ، وهو استاذ في كلية كاردينال لموان ، يتردد على محاضرات دوبنتون Daubenton . كان هذا الاخير عالماً بالنبات وهاوياً للمتبلرات ، وكان يعجب من أن أشباه المعادن لها أشكال متبلرة متنوعة ، في حين أن الازهار من نفس النوع لها عدد وحيد من البتلات . وأهمه موضوع بنية المتبلرات ، فلاحظ أنه عندما يفصل اجزاء من بلور موشوري من الكالسيت ، بواسطة شفرة سكين ، مولوجة « داخل المفاصل الطبيعية الواقعة بين الشفرات التي يُشكل مجموعها الموشور» ، نحصل على موشور سداسي أكثر فأكثر صغراً ، إنما دائماً كاملاً . فاستنتج إمكانية الحصول على موشور سداسي أصغر فأصغر أيضاً ، أي جسيمات هي خلايا كاملة .

وكان هناك مذكرتان تمهيديتان ، الاولى حول بنية المتبلرات من البجادي (عرضت على أكاديمية العلوم في 21 شباط 1781) ، والاخرى حول بنية السبات الكلسي (22 كانون الاول) ، طبعتا بسمتهما المراحل الاولى من عمله . وطور نظريته التي طبعت بطابعها بدايات علم الكريستالوغرافيا في كتابه « بحث في نظرية بنية المتبلرات ، مطبقة على العديد من أنواع المواد المتبلرة » (1784) .

كان الاباتي هاوي عضواً في أكاديمية العلوم ، منذ 1783 (فرع البوتانيك) . وسمي سنة 1795 عضواً في « الانستيتوناسيونال » ، ثم استاذاً في مدرسة المناجم ، واستاذاً للمينيرولوجيا في المتحف سنة 1802 . وفي سنة 1801 كان قد نشر كتاباً عن المينيرولوجيا (خمسة مجلدات ، منها اطلس صور ؛ والطبعة الثانية ، سنة 1822) ، وفي سنة 1822 نشر كتابه « مبحث في الكريستالوغرافيا » (ثلاثة مجلدات واحد للوحات) .

ونذين الى هاوي بمعرفة بنية المتبلرات : لقد رأى في كل بلورة مجموعة من البوليدرات الصغيرة المتساوية فيما بينها (سماها خلايا متكاملة) ، تلتصق بوجوهها ، أما شكلها فمؤلف بالنظر الى سطوح التماس أو التقاطع ، والصفائح (Stries) الخ ، أو بظهور أشكال ثانوية متفرعة من الشكل الأولي وفقاً لقوانين معروفة . لقد كانت فكرة التقاطع أو الشقوق (وكان يسميها مفاصل أو «مرابط» وتفسير التجذيعات Troncatures ، تقدماً جديداً وحاسماً

وبعد أن اكتشف هاوي قوانين بنية أشباه المعادن طبقها على التبلر . ولهذه الغاية عرف « النوع » المينيرولوجي « كمجموعة من الاجسام ذات الخلايا المتكاملة المتشابهة بأشكالها والمؤلفة من نفس المبادىء ، الموحدة فيما بينها بنفس النسب » ثم قسم فيها بعد الأنواع المينيرالية الى خمس طبقات : حجارية وملحية ، محترقة غير معدنية ، ثم معدنية ، من أصل ناري ، ثم بركانية .

وامتد عمل هاوي بآنٍ واحد فوق القرن 18 والقرن 19 . وعمله سوف يدرس في المجلد التالي .

دراسة اشباه المعادن بالميكروسكوب ـ في القرن السابع عشر اخذت الطرق البصرية تطبق على علوم الارض ، بفضل ملاحظات آ . فان ليونهوك A.Van Leeuwenhock الجيدة ، بشكل خاص ، وهو أب علم الأوّاليات ، وبفضل ملاحظات روبرت هوك Robert Hooke ، الذي أنشأ علم التشريح المقارن في النباتات الحية والمتحجرة .

في سنة 1672 لاحظ هويجن Huygens تسرب شعاع ضوئي يجتاز بلورة من المعدن الآيسلندي الصافي . ورغم الاستكمالات التي أدخلت على صنع الميكروسكوبات ، فإن القسم الأعظم من القرن 18 لم يشاهد تقدماً ملحوظاً في الدراسات الميكروسكوبية . ولكن في سنة 1782 ، نشر دوبنتون Daubenton عملاً مفيداً في المينيرولوجيا الميكروسكوبية . بين فيه الطبيعة الحقة للداندريت Dendrites ثم جاءت فيها بعد دراسة دولوميو Dolomieu (1794) ثم في سنة 1800 ، دراسة وصف فيها فلوريان دي بلفو Fleurian de Bellevue حمم ضواحي روما .

وهكذا عرف القرن 18 نهضة مشرقة في الجيولوجيا ، كما شاهد ولادة نظريات منافسة ، وملاحظات أساسية حول طبيعة المتحجرات ، وتقديرات أولية لعمر الكرة الارضية ، والملاحظات الأولى في مجال ما قبل التاريخ والولادة الحقة للمينيرولوجيا .

مراجع القسم الثالث

مؤلفات عامة

Ouvrages généraux : Collection « Peuples et Civilisations », t. XI : *La prépondérance anglaise* (P. Muret et Ph. Sagnac, Paris, 1951) ; t. XII : *La fin de l'Ancien Régime et la Révolutian américaine (1763-1789)* (Ph. Sagnac, 1952), et XIII : *La Révolution française* (G. Lefebvre, nouv. éd., 1963) ; Collection « Clio » : *Le XVIII^e siècle* (2 vol., E. Préclin et V.-L. Tapié, Paris 1952-1953) ; Histoire générale des civilisations, t. V : *Le XVIII^e siècle* (R. Mousnier et E. Labrousse, 5^e éd., Paris, 1967) ; Ch. Morazé, *Les bourgeois conquérants*, Paris, 1967 ; O. Lindsay, *The Old Regime, 1713-1763*, Cambridge, 1957 (« The New Cambridge Modern History ») ; H. R. Smith, *A history of modern culture*, t. II : *1687-1776*, New York, 1934 ; D. Mornet, *Les origines intellectuelles de la Révolution française*, nouv. éd., Paris, 1947 ; Id., *La pensée française au XVIII^e siècle*, Paris, 1929 ; P. Hazard, *La pensée européenne au XVIII^e siècle*, Paris, 1946 ; L. Réau, *L'Europe française au siècle des lumières*, Paris, 1938 ; *L'Encyclopédie et le progrès des sciences et des techniques*, Paris, 1952 ; G. Bachelard, *La formation de la pensée srientifique*, Paris, 1938 ; H. Duby et R. Mandrou, *Histoire de la civilisation française*, t. II, Paris, 1958; C.H. Alexander, *The Leibniz-Clarke correspondence*. Manchester, 1956; H. Metzger, *Attraction universelle et religion naturelle chez quelques commentateurs anglais de Newton*, Paris, 1988.

مؤلفات تتعلق بمجمل العلوم

Ouvrages touchant à l'ensemble des sciences : Bibliographies précédemment signalées de Poggendorff, Sarton et Russo. Ouvrages signalés dans les bibliographies précédentes de Boll, Clagett, Crombie, Daumas, Hall, Hanoteau, d'Irsay, Maindron, Mason, Papp et Babini (vol. 8 et 9), Pledge ; A. Wolf, *A History of science, technology and philosophy in the XVIIIth century*, 2^e éd., London, 1952 ; *Die Berliner und die Petersburger Akademie der Wissenschaften im Briefwechsel Leonhard Eulers*, 2 vol., Berlin, 1959-1961 ; R. Taton, éd. *L'enseignement et la diffusion des sciences en France au XVIII^e siècle*, Paris, 1964.

رياضيات

Mathématiques : Ouvrages cités de Amodeo, Archibald, Ball, Becker et Hofmann, Bourbaki, Boutroux, Boyer, Braunmühl, Brunschvicg, Cajori, Cantor (t. III *(1668-1758)* Leipzig, 1901 ; t. IV *(1759-1799)*, 1908), Chasles, Coolidge, Dedron et Itard, Dickson, Geymonat, Hofmann, Kästner, Loria, Montucla, Smith, Todhunter, Tropfke ; E. Fueter, *Geschichte der exakten Wissenschaften in der schweizischen Aufklärung (1680-1780)*, Aarau, 1941 ; J. F. Scott, *A history of mathematics*, Londres, 1958 ; N. Nielsen, *Géomètres français du XVIII^e siècle*, Paris, 1934 ; Id., *Géomètres français sous la Révolution*, Paris, 1929 ; J.-B. Delambre, *Rapport historique sur les progrès des sciences mathématiques depuis 1789*, Paris, 1810 ; F. Cajori, *A history of the conception of limits and fluxions in Great Britain from Newton to Woodhouse*, Chicago, 1931 ; Th. Muir, *The theory of determinants in the historical order...*, t. I, 2^e éd., Londres, 1906 ; G. Loria, *Il passato e il presente della principali teorie geometriche*, 4^e éd., Padoue, 1931 ; Id., Perfectionnements et évolution du concept de coordonnées (*Osiris*, t. 8) ; Id., *Storia della geometria descrittiva*, Milan, 1921 ; R. Bonola, *Non-euclidean geometry*, Chicago, 1912 ; J. L. Coolidge, *History of the conic sections and quadric surfaces*, Oxford, 1945 ; D. J. Struik, Outline of a history of differential geometry (*Isis*, vol. 19 et 20, 1933-1934) ; *Der Briefwechsel von Johann Bernoulli*, vol. I, Bâle, 1955 ; H. Auchter, *Brook Taylor*, Würzbourg, 1937 ; C. Tweedie, *James Stirling*, Oxford, 1922 ; Id., The « Geometria Organica » of Colin Maclaurin (*Proc. of the Roy. Soc. of Edinburgh*, vol. 36, 1916) ; L. Hanks, *Buffon avant l'« Histoire naturelle »*,

Paris, 1966 ; L. G. du PASQUIER, *Léonard Euler et ses amis*, Paris, 1927 ; R. FUETER, *Léonard Euler*, Bâle, 1948 ; *Briefwechsel Euler-Goldbach, 1729-1764*, Berlin, 1965 ; P. BRUNET, *La vie et l'œuvre de Clairaut*, Paris, 1952 ; R. TATON, *L'œuvre scientifique de Monge*, Paris, 1951 ; G. SARTON, Lagrange's personality (*Amer. phil. Soc. Proc.*, vol. 88, 1944) ; M. STECK, *J. H. Lambert. Schriften zur Perspektive*, Berlin, 1943 ; G. GRANGER, *La mathématique sociale du marquis de Condorcet*, Paris, 1956. Œuvres d'EULER (en cours de publication depuis 1912), de LAGRANGE (14 vol., Paris, 1867-1892), de LAPLACE (13 vol., Paris, 1878-1904), de RUFFINI (3 vol., Palerme, 1915-1954).

ميكانيك

Mécanique : En plus des ouvrages précédemment cités de DUGAS, DUHEM, JOUGUET, MACH, TODHUNTER : P. E. B. JOURDAIN, *The principle of least action*, Chicago, 1913 ; P. BRUNET, *Maupertuis*, 2 vol., Paris, 1929 ; ID., *Étude historique sur le principe de moindre action*, Paris, 1938 ; ID., *L'introduction des théories de Newton en France au XVIII^e siècle (avant 1738)*, Paris, 1931 ; R. MARCOLONGO, *Il problema dei tre corpi da Newton (1686) ai nostri giorni*, Milan, 1919 ; J. BERTRAND, *D'Alembert*, Paris, 1889 ; L. L. WHYTE, ed., *Roger Joseph Boscovich...*, Londres, 1961 ; R. GRIMSLEY, *Jean d'Alembert (1717-1783)*, Oxford, 1963.

علم فلك

Astronomie : Les ouvrages précédemment cités de ABETTI, ANDRÉ et RAYET, BAILLY, BIGOURDAN, BOQUET, DANJON et COUDER, DELAMBRE, DOUBLET, HOUZEAU et LANCASTER, KING, LALANDE, MACPHERSON, REPSOLD, WOLF, ZINNER ; R. WOLF, *Handbuch der Astronomie, ihrer Geschichte und Litteratur*, 2 vol., Munich, 1891-1893 ; I. TODHUNTER, *History of the mathematical theories of attraction and the figure of the Earth...*, 2 vol., Londres, 1873 ; F. TISSERAND, *Traité de mécanique céleste*, 4 vol., Paris, 1889-1896 ; F. BRUNNOW, *Lehrbuch der sphärischen Astronomie*, 4e éd., Leipzig, 1881 ; F. R. HELMERT, *Die mathematischen und physikalischen theorien der höheren Geodäsie*, 2 vol., Berlin, 1880-1884 ; F. TISSERAND, Tentatives faites pour déterminer la parallaxe du Soleil (*Ann. Obs. Paris, Mém.*, t. 16, 1882) ; C. A. F. PETERS, Recherches sur la parallaxe des étoiles fixes (*Mém. Ac. Imp. Sc. Saint-Pétersbourg ; sc. math. et phys.*, 5, 1848) ; R. GRANT, *History of physical astronomy*, Londres, 1852 ; E. GUYOT, *Histoire de la détermination des longitudes*, La Chaux-de-Fonds, 1955 ; A. MARCUET, *Histoire de la longitude en mer au XVIII^e siècle*, Paris, 1935 ; W. I. MILHAM, *Time and time-keepers*, New York, 1923 ; H. ANDOYER, *L'œuvre scientifique de Laplace*, Paris, 1922 ; P.-S. LAPLACE, *Précis de l'histoire de l'astronomie*, Paris, 1821 ; LESUEUR, *La Condamine*, Paris, 1911 ; J. MASCART, *Le chevalier de Borda*, Paris, 1919 ; H. WOOLF, *The Transits of Venus, a study of eighteenth-century science*, Princeton, 1954.

فيزياء عامة

Physique en général : Les ouvrages précédemment cités de CAVERNI, CAJORI, DAUMAS, GERLAND et TRAÜMULLER, HOPPE, LASSWITZ, MAGIE, POGGENDORFF, ROSENBERGER, USHER, VOLKRINGER ; P. MANTOUX, *La révolution industrielle en Angleterre au XVIII^e siècle*, Paris, 1906 ; P. BRUNET, *Les physiciens hollandais et la méthode expérimentale en France au XVIII^e siècle*, Paris, 1926 ; T. M. C. SHELBY, *French inventions in the XVIIIth century*, Univ. of Kentucky, 1952 ; T. H. ASHTON, *La révolution industrielle (1760-1830)*, Paris, 1955.

بصريات

Optique : Ouvrages cités dans la Bibliographie de la II^e Partie.

حرارة

Chaleur : E. WOHLWILL, Zur Geschichte der Erfindung und Verbreitung des Thermometers

(*Poggendorff's Annalen*, vol. 124, 1865, p. 163-178) ; F. BURCKHARDT, *Die Erfindung des Thermometers und seine Gestaltung im 17. Jahrhundert*, Bâle, 1867 ; ID., *Zur Geschichte des Thermometers. Berichtigungen und Ergänzungen*, Bâle, 1902 ; E. GERLAND, *Das Thermometer*, Berlin, 1885 ; F. ROSENBERGER, *Die Geschichte der Physik*, Braunschweig, 3 Teil, 1882-1900 ; H. C. BOLTON, *Evolution of the Thermometer, 1592-1743*, Easton, Pa., 1900 ; F. CAJORI, *A History of physics...*, New York, 1914 ; E. MACH, *Die Principien der Wärmelehre*, Leipzig, 1923 ; D. MCKIE et N. H. de V. HEATHCOTE, *The discovery of specific and latent heats*, Londres, 1935 ; M. R. BARNETT, The development of thermometer and the temperature concept (*Osiris*, t. XII, 1956, p. 269-341) ; A. BIREMBAUT, La contribution de Réaumur à la thermométrie (*Rev. Hist. Sci.*, t. XI, 1958, p. 302-329 ; *Ibid.*, in *La vie et l'œuvre de Réaumur*, Paris, 1962) ; W. J. SPARROW, *Knight in the White Eagle. A biography of Sir Benjamin Thompson...*, Londres, 1964 ; W. E. K. MIDDLETON, *A history of the thermometer*, Baltimore, 1966 ; S. C. BROWN, *Benjamin Thompson, Count Rumford...*, Oxford, 1967.

كهرباء ومغناطيسية

Électricité et magnétieme : Ouvrages précédemment cités de BAUER, DAUJAT, GLIOZZI, HOPPE, MOTTELEY, PRIESTLEY, SARTIAUX et ALIAMAT, SIGAUD DE LAFOND, TURNER, WITTAKER ; H. CAVENDISH, *Scientific Papers*, Cambridge, 1921 ; *Collection de Mémoires relatifs à la Physique*, t. I : *Mémoires de Coulomb*, Paris, 1884 ; C. VAN DOREN, *Benjamin Frcnklin*, New York, 1938 ; I. B. COHEN, *Benjamin Franklin's experiments*, Cambridge, 1941 ; ID., *Franklin and Newton*, Philadelphie, 1956 ; C. WILSON, *Life of Henry Cavendish*, Londres, 1951 ; D. et D. H. D. ROLLER, *The development of the concept of electric charge*, Cambridge, 1954 ; J. TORLAIS, *L'abbé Nollet*, Paris, 1954 ; A. J. BERRY, *Henry Cavendish*, Londres, 1960.

كيمياء

Chimie : Ouvrages précédemment cités de CROSLAND, DELACRE, DUVEEN, FERGUSON, FIERZ-DAVID, HOLMYARD, JAGNAUX, LEICESTER et KLICKSTEIN, LIPPMANN, METZGER, OSTWALD, PARTINGTON ; M. BERTHELOT, *La révolution chimique. Lavoisier*, Paris, 1899 ; E. GRIMAUX, *Lavoisier*, 3e éd., Paris, 1899 ; T. E. THORPE, *Priestley*, New York, 1906 ; J. R. PARTINGTON, *The composition of water*, Londres, 1928 ; H. METZGER, *Newton, Stahl et Boerhaave*, Paris, 1930 ; J. R. PARTINGTON et D. MCKIE, Historical studies on the phlogiston theory (*Annals of science*, vol. 2-4, 1937-1939) ; D. MCKIE, *Lavoisier*, New York, 1952 ; ID., *La chimie au XVIIIe siècle avant Lavoisier*, Paris, 1958 ; M. DAUMAS, *Lavoisier théoricien et expérimentateur*, Paris, 1955 ; D. I. DUVEEN et H. KLICKSTEIN, *A bibliography of the works of Antoine-Laurent Lavoisier*, Londres, 1954 (*Supplement...*, 1955) ; H. GUERLAC, Joseph Black and fixed air (*Isis*, vol. 48, 1957) ; ID., *Lavoisier...*, Ithaca, 1961 ; A. J. BERRY, *Henry Cavendish*, Londres, 1960 ; O. ZECKERT, *Carl Wilhelm Scheele*, Stuttgart, 1963 ; F. W. GIBBS, *Joseph Priestley*, Londres, 1965.

بيولوجيا عامة

Sciences biologiques en général : Les ouvrages précédemment cités de CANGUILHEM, CAULLERY, CUVIER, GUYÉNOT, LOCY, MENDELSOHN, NORDENSKIÖLD, RÁDL, ROSTAND, SINGER ; L. C. MIALL, *The early naturalists*, Londres, 1912 ; D. MORNET, *Les sciences de la vie au XVIIIe siècle*, Paris, 1931 ; R. SAVIOZ, *La philosophie de Charles Bonnet*, Paris, 1948 ; P. OSTOYA, *Les théories de l'évolution*, Paris, 1952 ; J. ROSTAND, *Les origines de la biologie expérimentale et l'abbé Spallanzani*, Paris, 1951 ; ID., *L'atomisme en biologie*, Paris, 1956 ; L. SPALLANZANI, *Epistolario*, 5 vol., Florence, 1959-1964 ; J. ROGER, *Les sciences de la vie dans la pensée française du XVIIIe siècle. La génération des animaux de Descartes à l' « Encyclopédie »*, Paris, 1963 ; P. C. RITTERBUSH, *Overtures to biology ; the speculations of eighteenth century naturalists*, New Haven, 1964. Mentionnons enfin la *Correspondance* de HALLER en cours d'édition sous la direction de E. HINTZSCHE.

فيزيولوجيا وتشريح (حيوان)

Physiologie et anatomie animales : Les ouvrages précédemment cités de CANGUILHEM, CHOULANT, COLE, FOSTER, FULTON, ROTHSCHUH, SINGER ; H. BORUTTAU, Geschichte der Physiologie, in *Handbuch der Geschichte der Medizin*, de Th. PUSCHMANN, éd. par NEUBURGER et PAGEL, Iéna, 1903, t. I ; J. F. FULTON, *Muscular contraction and the reflex control of movement*, Baltimore, 1926 ; E. BASTHOLM, *The history of muscle physiology...*, Copenhague, 1950 ; Vl. KRUTA, *Med. Dr. Jiri Prochaska*, Prague, 1956 ; Ch. Mc C. BROOKS et P. E. CRANFIELD, éd., *The historical development of physiological thought*, New York, 1959 ; K. E. ROTHSCHUH, *Van Boerhaave bis Berger ; die Entwicklung der Kontinentalen Physiologie in 18. und 19. Jahrhundert*, Stuttgart, 1964.

طب

Médecine : Ouvrages précédemment cités de BARIÉTY et COURY, BORDEU, CASTIGLIONI, DAREMBERG, DELAUNAY, DIEPGEN, GARRISON, GARRISON et MORTON, GUIART, GUITARD, HUARD et GRMEK, KREMERS et URDANG, LAIGNEL-LAVASTINE, LECÈNE, PORTAL, REUTTER DE ROSEMONT, SINGER et UNDERWOOD, SPRENGEL, SUDHOFF ; N. F. J. ELOY, *Dictiannaire historique de la médecine*, 4 vol., Mons, 1778 ; P. J. G. CABANIS, *Coup d'œil sur les révolutions et sur la réforme de la médecine*, Paris, 1804 ; rééd., 1956 ; J. LORDAT, *Exposition de la doctrine médicale de P.-J. Barthez*, Paris, 1818 ; P. DELAUNAY, *Le monde médical parisien au XVIII^e siècle*, Paris, 1906 ; F. G. O. DREWITT, *The life of Edward Jenner*, 2^e éd., Londres, 1931 ; L. S. KING, *The medical world of the 18th century*, Chicago, 1958 ; B. RAMAZZINI, *Epistolario*, Modène, 1964.

زوولوجيا

Zoologie : Les ouvrages précédemment cités de ANKER, BOUBIER, CARUS, HALL, NISSEN, PETIT et THÉODORIDÈS, THÉODORIDÈS ; P. FLOURENS, *Histoire des travaux et des idées de Buffon*, Paris, 1844 ; S. d'IRSAY, *Albrecht von Haller*, Leipzig, 1930 ; J. TORLAIS, *Réaumur*, Paris, 1936 ; 2^e éd., 1961 ; J. R. BAKER, *Abraham Trembley*, Londres, 1952 ; R. HEIM, éd., *Buffon*, Paris, 1952 ; J. PIVETEAU, *Buffon. Œuvres philosophiques*, Paris, 1953 ; W. H. VAN SETERS, *Pierre Lyonet...*, La Haye, 1962 ; Divers, *La vie et l'œuvre de Réaumur*, Paris, 1962.

علم نبات

Botanique : Les ouvrages précédemment cités de ARBER, BLUNT, DAVY DE VIRVILLE GREEN, JESSEN, MEYER, MÖBIUS, NISSEN, OLIVER, REED, SACHS ; S. HALES, *Vegetoble Staticks*, Londres, 1927 ; rééd. 1961 (trad. fr. par BUFFON, 1735) ; M. DAUDIN, *De Linné à Jussieu. Méthodes de la classification et idée de série en botanique et en zoologie*, Paris, 1926 ; A. E. CLARK-KENNEDY, *Stephen Hales*, Cambridge, 1929 ; H. F. ROBERTS, *Plant hybridization before Mendel*, Princeton, 1929 ; A. CHEVALIER, *Michel Adanson*, Paris, 1934 ; B. H. SOULSBY, *A catalogue of the works of Linnaeus...*, Londres, 1933 ; C. ZIRKLE, *The beginnings of plant hybridization*, Philadelphie, 1935 ; K. HAGBERG, *Linné, le roi des fleurs*, Paris, 1944 ; H. REED, *Jan Ingenhousz*, Waltham, 1949 ; H. C. CAMERON, *Sir Joseph Banks*, Londres, 1952 ; N. COURLIE, *The Prince of Botanists*, Londres, 1953 ; N. SANDBERG et W. HEIMANN, *A catalogue of the works af Linnaeus*, Stockholm, 1957 ; *Linné*, exposition au Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, 1957 ; E. et D. S. BERKELEY, *John Clayton, Pioneer of American Botany*, Durham, 1963 ; Divers, *The Bicentennial of Michel Adanson's* Familles des Plantes, 2 vol., The Hunt Botanical Library, 1963-1964 ; A. R. STEELE, *Flowers for the King*, Durham, 1964 ; R. C. OLBY, *Origins of Mendelism*, Londres, 1966 ; W. T. STEARN, *Botanical Latin*, Londres et Edimbourg, 1967.

علم الأرض

Sciences de la Terre : Ouvrages précédemment cités de ADAMS, GEIKIE, von GROTH, MATHER et MASON, MEUSNIER et von ZITTEL ; L. AUFRÈRE, *Le relief et la sculpture de la Terre. Soulavie*

et son secret, Paris, 1952 ; de LA MÉTHERIE, *Théorie de la Terre*, 5 vol., Paris, 1797 ; Commemoration of the 150th anniversary of the death of James Hutton (*Proc. Roy. Soc. Edinburgh*, vol. 68, 1950) ; A. LACROIX, Ch. MAUGUIN, J. ORCEL, « René-Just HAÜY, Centenaire » (*Bull. Soc. fr. Minéralogie*, vol. 67, 1944) ; J. ORCEL, Essai sur le concept d'espèce et les classifications en minéralogie et pétrographie (*ibid.*, vol. 77, 1944) ; R. HOOYKAAS, *La naissance de la cristallographie en France au XVIII^{e} siècle*, Paris, 1953 ; ID., Les débuts de la théorie cristallographique de R. J. Haüy... (*Rev. Hist. Sci.*, t. 8, 1955, pp. 319-37).

القسم الرابع :

العلوم خارج أوروبا

بعد الاقسام الثلاثة الاولى من هذا الكتاب المخصص لدراسة التقدم العلمي في أوروبا الغربية بين 1450 و 1800 . يتوجب أن ندرس المصير الذي عرفه العلم خارج أوروبا . لا شك أنه بخلال هذه الحقبة ، كان التقديم الغربي من الاهمية بمكان ، حتى أنه بعد المقارنة ، يبدو تقديم المناطق الاخرى من العالم ، تافهاً تقريباً . فضلاً عن ذلك ، أن سياسة الاستكشاف ، والتوسع والاستعمار التي اتبعتها الدول الرئيسية في أوروبا الغربية ، ادت الى انتشار واسع للعلم وللتقنية الغربيين انتشار مهد لقيام ، بخلال القرن 19 و20 ، علم كوني شامل عملياً .

إلا أن بعض الأمثلة تبدو متميزة بما فيه الكفاية وذات أهمية ، الامر الذي يبرر دراستها . في حين قامت في الشرق الاقصى منافسة ، خصبة بالاحداث ، تعارض العلم الغربي المستورد بالعلم الوطني المحلي ، في البلدان الخاضعة للتأثير الهندي أدت سيطرة العناصر الاصولية التقليدية الى ترك كل بحث أصيل ، والمحافظة على علم جامد في محتواه وفي اطره الوسيطية .

وفي مختلف مناطق أميركا ، قام الاستعمار الاوروبي ، بعد أن دمر وقضى على الحضارات ما قبل كولومبوس باستكشاف واستغلال الثروات الضخمة الطبيعية التي لم تكن بعد قدمت ، مع ادخال النظم والمؤسسات الثقافية الجديدة بصورة تدريجية ، مما أتاح للعالم الجديد أن يساهم ويشارك في الحياة العلمية الناشطة .

وتقتصر دواستنا هنا ، على هذه المناطق الثلاث المهمة . ذلك أن النشاط العلمي للشعوب الاسلامية وإن بدا مهما وجديراً بالاهتمام .إلا أنه كان أقل اشراقاً بالمقارنة ، مما كان عليه في القرون الوسطى . فضلاً عن ذلك أن يقظة هذه الشعوب على العام الحديث ، جاءت متأخرة جداً ولذا لا تدرس إلا في المجلد التالي .

الفصل الأول :

العلوم في الشرق الأقصى في القرن السادس عشر إلى القرن الثامن عشر

لقد احتفظ العلم الصيني ـ حتى نهاية القرن السادس عشر ، على الرغم من العلاقات الأكثر عدداً مما كان يظن ، مع الثقافات الاخرى في العالم القديم ـ بكل الخصائص الاصيلة في الثقافة الصينية .

وبالعكس ابتداء من سنة 1583 ، تاريخ وصول الفلكي والرياضي اليسوعي ماتيو ريشي Matteo Ricci الى الصين ، اخذت العلوم الحديثة الناشئة في الغرب تدخل الى الصين ثم الى اليابان .

وهكذا فتحت أمام الشرق الاقصى ، والهند والعالم العربي ، عملية بطيئة وصعبة عملية اندماج في العالم العلمي الحديث . عملية سوف تنتشر عبر ثلاثة قرون وأكثر ، لتستكمل في أيامنا فقط ، وسوف تؤدي ، في الامد البعيد ، الى تكوين ثقافة علمية عالمية فريدة ، بدلاً من الثقافات العلمية الاقليمية التي كان تواجدها المتزامن قد ميَّز العصور السابقة .

هذه العملية التفاعلية قد تدرجت بشكل مختلف نوعاً ما في الصين واليابان . وسوف تدرس بالتتابع في كلٍ من هذه البلدان

1 ـ الصين

التقدم اليسوعي الى الصين في القرن السابع عشر والثامن عشر ـ إن ادخال العلم الحديث الى الصين سوف ينتج عن أسلوب « القلب عن طريق النخبات » ، وهو أسلوب اختاره المبشرون اليسوعيون ، من أواخر القرن 16 . فقد فكر « الاباء » يومئذ أنه من الممكن إظهار تفوقهم الفكري في مجالات غير دينية ، ثم استخدام الهيبة المكتسبة هكذا لغايات دينية .

وكان المثل قد قدمه ماتيو ريشي (1552-1610) الذي أقام في بادىء الامر ، في الصين الجنوبية ثم ابتداء من سنة 1601 في بلاط أباطرة منغ في بكين ، حيث كان يقدم في القصر ، وبآنٍ معاً ، الترجمات الرياضية ، وأعمال الخرائط ، ودروس علم الفلك . وقام بمساعدته مثقفون ردهم الى دينه ، تولوا تدوين الكتب العلمية الاولى الحديثة ، لنشرها باللغة الصينية . ومات سنة 1610 ، ولكن خلفاءه ظلوا

على علاقة طيبة مع أباطرة منغ ، واستمـروا في ترجمـة وفي تعليم العلوم العصريـة كما هي مـطبقة في الغرب في زمنهم .وفي سنه 1644 عندما حلت أسرة الماندشو من آل تسنـغ Tsing لمحل المنـغ Ming بقيت العلاقات جيدة ، وتولى الالماني سكال فـون بل Schall Von Bell ادارة المـركز الامبـراطوري لعلم الفلك . ورغم جهود علماء الفلك المسلمين الذين كانت سيـطرتهم غالبـة حتى ذلك الحـين في البلاط ، فإن مسـاعد بـل ، واسمه فـربيست Verbiest ، هو الـذي تولى سنـة 1669 إدارة المكتب الفلكي الذي احتفظ به أخوته في الدين حتى نهاية القـرن 18[1] . وفي البلاط عنـد الاباطـرة الكبار المنادشو كانغهي K'ang-Hi (1662-1722) وكيان لونغ Kien-Long (1736-1796)بنى اليسـوعيون الطليان والالمان والبولونيون والفرنسيون خاصة آلات الفلك ، ونظموا الخرائط للامبراطورية ، ونشروا تراجم عديدة . وعالـج الاب فونتـاني كانغهي Fontaney K'anghi بالكينا المجلوب من فـرنسا . وكلف ب جربيون P.Gerbillon بالتفاوض باسم الامبراطـور بشأن معـاهدة نـرتشنسك مـع روسيا (1689) . وبالمقابل سمح لهم بالقيام بنشاطات انجيليـة يبدو إنهـا لم تكن مثمـرة بمقدار نشـاطاتهم العلمية . ولكن حل « جمعية يسوع » ، في أواخر القرن الثامن عشر ، وكذلك التدابير التضييقية التي أخذت الحكومة الصينية باتخاذها يومئذ تجاه الاجانب ، وضعت نهاية لهذا الدور النقلي العلمي الذي لعبه ، طيلة قرنين المبشرون اليسوعيون . ونقدم عن هذه الأعمال النقلية جدولاً مختصراً .

من المعلوم أنه على أساس خط الاستواء السماوي ، لا على أساس الاهليلج ، بنى الصينيون ، من القرون الوسطى ، علم فلك كمي ذي موقع متقدم جداً ، مع احتفاظهم بأفكارهم القديمة حول السـماء الواسعـة الفارغـة ، المحتويـة على نقـاط نُور . أمـا اليسـوعيـون ، فبـالعكس ، في دروسهم وتراجمهم ، فقد ادخلوا النظام الرحيد المقبول في أوروبا زمن ريشي ، وهو نـظام بطليمـوس : كرات وحيدة المراكز ، تحمل مختلف الكواكب ؛ وفلك البروج المتخذ كأساس للحسابـات الفلكية . وظلوا أمناء له فيما بعد رغم تقدم علم الفلك الاوروبي في القرن السابع عشر والثامن عشر ، لاسباب سوف نعود إليها .

إن المئة فصل ، في الانسيكلوبيديا الفلكيـة لسكال Schall ، سنـة 1645 ، ظلت ترتكـز على المبادىء البطليموسية ، وكذلك (حتى في سنة 1738) بقيت أيضاً المباحث الصينية في علم الفلك التي وضعها ب كوغلر Koegler وب.بيريرا Peraira .

وفي تقنية الملاحظات الفلكية ، لم تكن المقدمات اليسـوعية اقـل ضخامـة : أساليب أكـثر دقة

(1) إن أشهر المدراء اليسوعيين ، في « المكتب الأمبراطوري الفلكي » (وليس الرؤساء ، كما يدعي بعض المؤرخين المحمولين على المبالغة في إضفاء الأهمية على دور اليسوعيين ، لأن هؤلاء لم يتوصلوا أبداً إلى حمل هذا اللقب) هم : فربيست Verbiest (1669-1688) ، غريمالدي Grimaldi (1688-1712) كوغلر Koegler (1720-1746) دي هالرستين De Hallerstein (1746-1774) ، الميدا Almeida (1783-1805) .

لحساب الكسوفات ، بناء المراصد (وكان أول مرصد قد أدخل سنة 1618 على يد ب. شرك Schreck أو تيرنتيوس Terrentius) وغيرها من الآلات الأخرى العديدة ، وكذلك وضع كرات مسطحة سماوية مثل كرات سكـال ، وفيما بعد ، كرات كوغلر Koegler ، مراجعة الروزنامة Planisphère الصينية وفقاً لنظام مختلط ـ قمري ـ غريغوري .

ولكن في بعض الحالات ، كما في بناء الكرات المحلقة المرتكزة على فلك البروج ، لم تكن هذه التجديدات من قبل اليسوعيين تقدماً علمياً بحق ، بل كانت في الواقع تدبيراً تقهقرياً بالنسبة الى علم الفلك الاستوائي المتبع منذ زمن بعيد من قبل الصينيين[1] .

وفي الرياضيات نشر اليسوعيون عدداً مهماً أيضاً من الترجمات ومن المجمعـات باللغة الصينية . وقد حرر ريشي بنفسه سنة 1607 ، بالتعاون مع المثقف المسيحي لي تشي تساو Li Tche-Tsao ، كتاباً صغيراً في المثلث القائم (كيو كو يي) ؛ وترجم بذات السنة بمساعدة بول سيو كوانغ كي Paul Siu Kouang-K'i الكتب الستة الاولى لاقليدس ، المتعلقة بالهندسة المسطحة (كي ـ هـو يوان بن) . ونشر ب رو P.Rho ، سنة 1628 ، كتاباً في التحليل النيبيري [نسبة الى نيبـر مخترع اللوغـاريتمات الطبيعية] ، أكمله سموغولنسكي Smogolenski وسي فونغ تسو Sie Fong-Tsou سنة 1654 ، بجداول جديدة في اللوغاريتمات . ونشر ترنتيوس Terrentius سنة 1631 كتاباً في علم المثلثات . وفي القرن 18 ، كان جارتو Jartaux أفضل عالم رياضي يسوعي فوضع سنة 1701 تسع صيغ مميزة حول السلاسل اللامتناهية .

وفي الفروع العلمية الاخرى ، لم يكن اليسوعيون أقل نشـاطاً في إدخـال المعارف الجـديدة الى الصـين في عصر النهضـة الغـربي . وحـرر تيـرنتيـوس Terrentius سنــة 1625 « مختصـراً للجسم البشري » ، ونشر بارينان Parrenin في مطلع القرن 18لوائح « التشريح المنادشو » ، مستلهماً رسوم « تشريح الانسان بحسب دورة الدم » ، المنشورة في باريس سنـة 1690 من قبل ديـونيس Dionis وأقـام المبشرون في قصر كيـانغ هـي مختبـراً للصيدلـة ، حيث كانـوا يعملون مستـرشـدين بكتـاب الاجزائيات لفرنسوا موبيز شاراس (1619-1698) .

وترجموا أو جمعوا ايضاً كتباً حول المنظورات (1626) ، وحول الهزات الارضية (1626) و(1679)

---

(1) والصراع الذي قام ، في السنوات الأولى من حكم السلالة المنشوية ، بين سكال وفربيست Schall et Ver-biest والفلكيين المسلمين في بكين كان يدور حول هذه النقطة . وكان اليسوعيـون يأخـذون على المسلمـين أخطاءً في الروزنامة ، في حين أن حسابات هؤلاء المرتكزة على معطيات ارصادية ، كانت بالضرورة مختلفة عن معطيات اليسوعيين المرتكزة عـلى فلك البروج . إنمـا لدوافـع سياسيـة فقط عمد الأمـبراطور الشـاب كانغ ـ هي ، الحريص على التخلص من وصـاية القيمـين عليه ، وبـأمل زعـزعة الفلكيـين الرسميـين في البـلاط الذين كـانوا يـدعمون هؤلاء القيمـين ، إلى إعطاء الحق لليسـوعيـين سنـة 1669 ، رغم ضعف وتهافت وجهات نظرهم من الناحية العلمية .

وحول الترمومتر (1671) وحول الضوء والاصوات (1617)وهكذا دخلت الى الصين لوالب ارخميدس التي كانت غير معروفة فيها يومئذ . ولتسلية كانغ هي Kang-Hi صنع المبشرون الملحقون بالقصر بلبلاً يستطيع الغناء بفضل نافورات من البخار تمر في أنابيب أورغ ، وعربة وقارباً صغيراً يتحركان بتوربينات بخارية (حققت سنة 1671 من قبل ب. غريمالدي P.Grimaldi) وساعات ذات محركات متعددة .

وقد علّق كانغ - هي وكين لونغ Kang-Hi et Kien-Long ، لاسباب سياسية ، أهمية خاصة على القدرات الجغرافية لدى الاباء . وسارت مجموعة من صانعي الخرائط اليسوعيين ، مع كانغ - هي بلادترتاريا ، وغطيت الصين كلها بالمثلثات بين 1708 و1717 . وقاس ب . توماس في سنة 1702في الصين درجة خط الطول الارضي ونشرت خارطته سنة 1718 ، من 35 ورقة محفورة على الخشب . وفي أيام حكم كينغ لونغ ، سنة 1769 قام ستة خرائطيون يسوعيون برسم آسيا الوسطى على خارطة صينية كبرى من 104 ورقات ، ظلت حتى القرن التاسع عشر أفضل من الاعمال الاوروبية المماثلة .

حدود هذا التقديم - إذا كان هذا التقديم العلمي من جانب اليسوعيين ملفتاً بضخامته ، فانه يتميز بالدرجة الاولى بأفضلية الاهتمامات الدينية لدى مؤلفيه . فالمبشرون لم يدخلوا علوم الغرب الحديثة إلا لانهم كانوا يأملون باستجلاب الامبراطور والقادة في الامبراطورية الى دينهم . وفي نظرهم تكمن قيمة العلم الحديث في نشأته المسيحية لا في تفوقه الذاتي على العلم الصيني الوسيطي . وهنا يوجد إشكال اساسي . فسكال Schall سمى (« كتاب علم الفلك والرزنامة بحسب الاساليب الجديدة في الغرب ») ، موسوعته الكبرى الفلكية لسنة 1645 . ولكن كنغ هي طلب عند اعادة طباعة هذا النص ، تغيير هذا العنوان ،إبداله بالتالي : « كتاب في الرياضيات بحسب الاساليب الجديدة ») . وبين الامبراطور بالتالي عن رغبته في الاستفادة من معارف الغربيين ، فقط لانها اكثر تقدماً (حرفياً) من علوم الصينيين ، وليس لانها تثبت تفوق الغرب عموماً (حرفياً)[1] . ولكن المبشرين استمروا يماهون الدين المسيحي والعلم (الغربي) وترددوا من هذه الناحية في اعطاء الصينيين علماً بالتحولات الجديدة في العلم الغربي في أوروبا (رغم ضخامة هذا التحول طيلة هذين القرنين ، وذلك خشية رمي الشكوك ايضاً في عقيدتهم الدينية) .

من هنا المعنى العميق للمحافظة العنيدة على البطليموسية : ان نظام غاليلي (رغم نقضه من قبل الكنيسة) كان لاحقاً لاعمال ريشي Ricci في الصين ، وكان إذاً يضع الشك في مجمل تعاليم هذا الاخير ، بما فيها المجال الديني . أليس من الغريب الملفت أنه في الوقت الذي تخلى فيه تيكو براهي Tycho Brahé في أوروبا عن الدوائر البروجية ميلاً الى الدوائر الرصدية ، توصل ريشي Ricci

(1) كتب سكال في رسالة بتاريخ تشرين الثاني 1640 « أن كلمة (إذا) الغربية غير مقبولة لدى الصينين ، والأمبراطور في إراداته لا يستعمل إلا كلمة (جديد) : الواقع أن الكلمة الأولى لم يستعملها إلا الذين يريدون اهانتنا » (ذكرها هـ . برنار متر H. Bernard – Maître مونومنتا سريكا ، 1937 ، 3) .

الى اقناع الصينيين بالعدول عن هذه الدوائر التي كانوا يعرفونها من عدة قرون ، والعودة الى نظام فلك البروج . هذا العجز الذي اظهره اليسوعيون في تتبع الحركة العلمية في الغرب ، بدا في عدة مناسبات . من ذلك ، في سنة 1710 ، اقترح ب . فوكيه P.Fouquet تحسين أساليب الحساب المستعمل في بكين ، وذلك بادخال الجداول الجديدة التي وضعها لاهير La Hire في باريس . ولكن ب فيزيتور P. Visiteur رفض : « حتى لا نظهر بمظهر من يخطىء ما جهد سابقونا في اقراره ، وحتى لا نفسح المجال أمام اتهامات جديدة ضد الدين»[1] .

من المستحيل تجاهل هذه الصفة الجامدة جزئياً والمتحجرة ، فيما قدمه اليسوعيون من علم الى الصين[2] .

وقد سبق ورأينا ، وخاصة في مجال العلم التطبيقي أن اليسوعيين « اطلعوا » الصينيين على العلم الحديث يومئذٍ : أعمال حول المثلثات في القرن الثامن عشر ، الكينا ، العربة البخارية لغريمالدي Grimaldi ، الجداول التشريحية .

واتجه تكتيك التسرب الديني المختار من قبل اليسوعيين ، من جهة أخرى الى الحد من نطاق نشاطهم العلمي وقصره على البلاط . إذ كان همهم استجلاب الامبراطور (وكان كنغ هي عبقرياً موهوباً) ، ثم تسليته بتجارب وبآلات مسلية ، ثم ربطه والسيطرة عليه بفعل الشفاء الموفق ، ومساعدته في حسن سير الجهاز الحكومي وذلك بوضع خرائط أفضل أو بتحسين الرزنامة . ولكن كل هذا ظل محصوراً في بكين ، حتى في « المدينة الممنوعة » ، بين كبار الموظفين والمخاصي .

اي بعيداً عن المناطق في باس ينغ ـ تسي Bas-Yangtsé (شيكيان ، أنهو ، كيانغ ـ سو Che-kiang, Anhouei, Kiangsou) . أو في كوانغ تونغ Kouangtoung التي كان تقدمها الاقتصادي هو الاكثر بروزاً في الصين ، وحيث كانت هناك نواة إنتاج رأسمالي . وإذاً بعيداً عن الطبقات في المجتمع الصيني ، حيث ثمار العلم الحديث كان يمكن أن تخصب بشكل أفضل . ثم يجب أن نلاحظ أن ريشي Ricci ، قبل أن يصل الى البلاط الملكي ، اختار لفترة معينة هذه المناطق كمركز لنشاطاته . اذ بين التجار في تشاوسينغ فو ، قرب كنتون ، اختار أن يبني أول كرة مسطحة له . ثم علم فيما بعد في نانت ـ شنغ ثم في نانكين ، في منطقة باس ـ ينغ تسي . كتب يقول في رسائله : « كان التجار يأتون نحوه بالاعداد » وكذلك مثقفو هذه المناطق الاكثر نشاطاً . وكان أفضل معاونيه الصينيين من بين هؤلاء ، وبخاصة بول سيو كوانغ كي Paul Sui Kouang-K'i وهو من ضاحيةشنغهاي. ولكنه تخلى

---

(1) ذكرها ل. بفيستر L . Pfister : ملاحظات بيوغرافية وبيبليوغرافية حول اليسوعيين في البعثة التبشيرية القديمة في الصين ، شنغهاي Changhaï ، 1932 ، ص 551 .

(2) هذا الرأي هو أيضاً ما يأخذ به ج . ج . ل . ديفنداك J. J. L. Duyvendak (تونغ باو Toung Pao ، 1948 ، ص 328) : « إن الصين ، عندما تلقت العلم الغربي ، تلقته بشكل بدا فيه عتيقاً ومتأخراً ، مبدئياً » .

سريعاً ، الى بكين ، عن هذه المناطق حيث كان يمكن أن يوجد قاعدة اجتماعية أكثر ميلاً الى انتشار العلم الحديث . وقلده خلفاؤه . والعربة البخارية التي بناها غريمالدي سنة 1671 لم يعلن عنها إلا لسد فضول رجال البلاط الكسالى . وهذه التقديمات اليسوعية ، بحكم صفتها بالـذات لم تكن مؤهلة إلا لانتشار ضعيف .

انتشار التقديمات العلمية اليسوعية في الصين. الى اي حد استطاع العلماء الصينيون تمثل المعارف العلمية الغربية التي جلبها اليهم اليسوعيون ؟ وإلى أي مدى هضموا هذه التقديمات في أعمالهم وفي ممارستهم العلمية ؟ ، نظراً لانعدام الاعمال المتاحة من الصعب الاجابة على هذا السؤال ، وأصعب منه وضع كتلوغ بتقديمات اليسوعيين بأنفسهم . ويجب أن نكتفي هنا بالاشارة الى بعض المؤشرات الجزئية .

في بكين تمثل الفلكيون الصينيون من المجمع الامبراطوري الفلكي « كين تين كين » أساليب زملائهم من الغرب : رأينا أن سي فونغ تسو Sie Fong-Tsou ، تلميذ اليسوعي سموغولنسكي Smogolenski قد وضع أول كتاب صيني خالص ، يستعمل اللوغاريثمات النبيرية : إنه معالجة لحساب الكسوفات نشر سنة 1650 . واستفاد الفلكيون الصينيون من الآلات الجديدة المجلوبة من أوروبا ، وفي سنة 1757 ظهر في بكين كاتالوغ صيني فيه 3083 كوكباً ثابتاً، وقد أنجزه بالتعاون ب كوغلر P. Koegler وب.روكا et da Rocha مع ليوسونغ لينغ Lieou Song-Ling . وقام بعض الفلكيين الصينيين ببحث أصيل حول أساس المعطيات التي جاء بها اليسوعيون . وبعد 1640 ، نشر ونغ سي تشان Wang Si-Tchan كتابه « تحليل حركات الكواكب الخمسة » (هوسينغ هنغ تو كيي) كما نشر نقداً لنظام بطليموس ، وفضل عليه نظاماً قريباً من نظام تيكوبراهي Tycho Brahé وقوامه الكواكب الدائرة حول الارض والارض حول الشمس دون أن يعرف أو يطلع على أعمال هذا الاخير . وعاد شنغ ب .أول Ch'eng Pai-eul في القرن الثامن عشر الى نفس النظام .

وإذاً فالعلماء الصينيون لم يندمجوا ببساطة بعلم الفلك الذي جاء به اليسوعيون . ففي الموسوعة الكبرى التي جمعت أيام ملكية كانغ هي من قبل المثقف تشن من لي Tchen Meng-Lei التي تضمنت «جميع الكتب والصور القديمة والحديثة» أعيد طبع سن فالي شو لسكال Schall وفربيست Verbiest . ولكن أيضاً مع كاتالوغات النجوم وفقاً للكوسمولوجيا القديمة الصينية مع لوائح قديمة بالكسوفات والمذنبات، وتاريخ لأقدم الآلات الصينية في علم الفلك .

وفي مجالات اخرى ايضاً تعايشت التقديمات الغربية والتراث الصيني جنباً الى جنب . وحرر بول سيو كوانغ كي Paul Siu Kouang-K'i المثقف المسيحي صديق ريشي كتاباً في الاغرونوميا (هو نونغ تشنغ سيوان شو) ونشر سنة 1639 ، واعيد نشره سنة 1742 وسنة 1843 . وقد استلهم فيه الكتب القديمة الصينية الزراعية ، ولكنه لم يهمل دراسة اليسوعي اورسيس حول الماكينات الهيدروليكية في الغرب . وكذلك اشتهر رسامون صينيون من القرن السابع عشر أمثال تساو بنغ تشن Tsiao Ping-Tchen حاولوا أن يرسموا وفقاً لقواعد المنظور الغربي التي ادخلها اليسوعيون . في حين أن غالبية

الرسامين ظلوا أمناء للمنظور الصيني التقليدي .

ولكن في مجال العلوم الرياضية بشكل خاص ، يمكن إدراك مقدار النقص في الاندماج بين العلم الحديث والعلم الصيني التقليدي . إن الموسوعة الكبرى العلمية التي نشرت سنة 1723 بناءً لامر كنغ بالذات ، وعنوانها « ليو لي يوان = بحار الحسابات الرزنامية » كتبها المثقفان هو كو سونغ لو Ho Kouo-Tsong ، مي كوتشنغ Mei Kou-Tch'eng وكذلك العديد من المعاونين ، وتضمنت أوسع مكان للأعمال الحديثة ؛ والقسم الثاني منها خصص للتصاعديات ، وللعمليات الحسابية ، وللجذور التربيعية ، وللحسابات التريغونومترية ، وللوغاريتمات ، المعروضة على الطريقة الأوروبية . أما القسم الثالث المتعلق بنظرية الموسيقى وبآلات الموسيقى الصينية والغربية فهو بصورة مباشرة من صنع ب. بريرا P.Pereira (يسوعي) وب. بيدريني P.Pedrini (عزاري) .

وانطلاقاً من هذه العناصر الغربية أكمل العديد من الرياضيين الصينيين بحوثاً أصيلة . فنشر الفيلسوف تي تشن Tai Tchen (1724-1777) كتاباً كبيراً حول الآلات ذات المروحة مستوحى من تفحص حياة ارخميدس . وحرر أيضاً ، وهو ابن 20 سنة ، كتاباً ضخماً في العيدان النبيرية للحساب . والف المنشو منغانتو Minggantou الذي كان في القرن الثامن عشر رئيس مكتب علم الفلك انطلاقاً من معادلات جارتو Jartoux حول السلاسل اللامتناهية : « طريقة سريعة لتحديد مساحة المقاطع» (كويوان مي شوي تسي فا) . وفيها يعرض مثلاً ، لحساب الوتر في قوس لا متناهي الصغر وخاص ، المعادلة التالية :

$$a = c + \frac{1}{3.4} c^3 + \frac{9}{5.4^2} c^5 + \frac{228}{7.4^3} c^7 \dots$$

وكذلك تونغ يوتشينغ Tong Yeou-Tch'eng (1791-1823) ، مستعيناً هو أيضاً بمعادلات جارتو Jartoux ، حسب محيط الاهليلج : (حيث a تساوي المحور الكبير و bالمحور الصغير)

$$\text{نصف المحيط} = \sqrt{(a^2 - b^2) + [(1/2) b \pi]^2}$$

نهضة العلم التقليدي ـ ولكن بفعل عملية ارتدادية ادى دخول العلوم الرياضية الغربية الى الصين ، وبذات الوقت الى قيام نهضة في العلوم الرياضية الصينية القديمة .

فمنذ العصر المغولي فقد المثقفون الصينيون ذكرى الرياضيين الكبار في ازمنة هان ، تان ، وسونغ بصورة خاصة ، وهي حقب كانت قادرة في الماضي على معرفة القيمة الصحيحة لـ π ، ومعرفة نظرية الاعداد السلبية ، والمثلث الحسابي ، وجبر أصيل مستكمل هو تين يوان .

ولكن في القرن السابع عشر ، تردد المثقف مي ون تن تنغ Mei Wen- (1635-1721) وهو يدرس بانتباه كتب اليسوعيين في الرياضيات ، في أن يرى فيها تجديدات حقة . وهكذا توصل الى استعادة النصوص التي غطاها النسيان ، نصوص الرياضيين سونغ حول الجبر مثلاً . وتمت العودة الى مخطوطاته غير المنشورة ، في القرن 18 ، من قبل حفيده مي كوتشنغ ، وهو واحد من محرري الموسوعة العلمية لكانغ هي ونشرت هذه المخطوطات تحت عنوان « لآلىء عثر عليها في النهر الاحمر » (تشي

شوي يي لنغ) . وبعد العالمين مي Mei قام رياضيون آخرون فأحيوا الرياضيات القديمة الوطنية : ومنهم لي جوي Lijouei، الذي كتب في القرن 18 كتاباً كبيراً حول الجذور الحقيقية والخيالية مرتكزاً على مبادىء تين بوان ؛ ثم كونغ كي هان Kong Ki-Han الذي اعاد نشر كتاب الحساب من زمن هان Han ؛ ولوشي لن Loche-Lin الذي عثر على نسخة قديمة من كتاب سي يوان يوكين (المرآة الثمينة للعناصر الاربعة) ، وهو كتاب رياضي من الحقبة المغولية فنشره .

وفي القطاعات مثل قطاع الطب أو الجغرافيا كان تقديم اليسوعيين ذا تأثير أكثر ضعفاً ايضاً فقد ظل اليسوعيون في القرن الثامن عشر يجمعون الموسوعات الطبية ، في حين كان بارينان Parrenin ينشر ألواح « التشريح المنشوي » . وكانت هذه الموسوعات لا تحتوي الا الوخز بالإبر والتشخيص عن طريق النبض وغيرها من التقنيات التقليدية : مثل ذلك في سنة 1749 « كاو تسونغ يوتنغ يي تسونغ ، كين كيان » (« المرآة الذهبية في الطب » ؛ ومرسوم ذو استلهام تقليدي ، يقضي على اطباء البلاط ، في سنة 1734 بوجوب تقديم التضحيات الطقوسية لصالح الاطباء الاقدمين . وكتب الجغرافيا هي أيضاً ، بدت خلواً من كل تأثير أوروبي عملي . وكانت البحوث حول الهيدروغرافيا عديدة ، مثل شوي ـ تاو تيانغ («الوصف الكامل للانهار والسدود ») للمؤلف تسي شاونان Ts'i Chaonan (1776) كتاب لا مثيل له في الأدب الغربي في ذلك الزمن، أو«الموجز التاريخي لأعمال الحماية الشاطئية في شيكيانغ » (1751) ؛ « كتاب الانواء » المنشور سنة 1781 للمؤلف يو سي ـ كيان Yu se-K'un ، وهو كتاب أصيل يعالج نظرية القمر حول منشأ الانواء ، كل ذلك مع إعادة طباعة الكتب القديمة حول هذا الموضوع مثل « هي تاو تشي لـ تو تشو مونغ»(القرن 18) . كما نشرت غالباً ، أوصاف مفصلة لمجمل الامبراطورية ، مثل تا تسنغ يي تونغ تشي Ta-Ts'ing Yi Tong-Tche او لمقاطعات وأقاليم خاصة ، في القرن 18 ، على نسق الاعمال الجغرافية القديمة .

العوامل الداخلية التجميدية ـ وإذن فالعلم الصيني في القرنين 17 و18 كان بعيداً جداً عن تحقيق تقدم شبيه بالنهضة العظيمة للعلم الاوروبي في ذلك الوقت ، حتى ولو دلَّ على حيوية أكيدة بتأثير التقديمات الغربية والنهضة في الرياضيات القديمة الوطنية . من هذا الجمود النصفي لم تكن الشروط السيئة ، التي تمت بها هذه التقديمات الاجنبية هي الوحيدة المسؤولة . لان التأخر العلمي السائد يومئذ في الصين ، مقارنة مع الغرب مرتبط بشكل وثيق بنمو المجتمع الصيني الحديث ، في مجمله نمواً بطيئاً .

ففي الصين الاستبدادية والبيروقراطية ، صين القرنين 17 و18 ظلت الكونفوشيوسية الفلسفة الرسمية . وكان الموظفون الكبار والمثقفون يؤخذون بموجب امتحانات لا يطلب فيها إلا المعرفة بالفكر الصيني الكلاسيكي ، من دون العلوم . وهكذا نجد تفسيراً لسقوط الرياضيين صونغ Song في النسيان طيلة 10 قرون الى أن جاء العالمان مي Mei ، في حين كان كل طالب يعرف عن ظهر قلب الحكم التي مضى عليها 2000 سنة ، حكم كونفوشيوس Confucius ومنشيوس Mencius . هؤلاء المثقفون الكونفوشيون في غالبيتهم كانوا متشبعين باحتقار البحث العلمي والممارسة العلمية ، وهذه

« النشاطات التدخلية » (آ. ج. هودريكور A.G. Haudricourt) في عالم الطبيعة . كتب فنغ شن Feng Chen ، ابن رئيس وزراء الامبراطور كين لونغ Kien-Long ، وكان من أعيان الامبراطورية ، كتب في بداية القرن التاسع عشر قصيدة ذات دلالة مخصصة بالميكروسكوب : « بواسطة الميكروسكوب يمكن أن نرى سطح الأشياء . فهو يكبرها ، ولكنه لا يكشف عن حقيقتها ، إنه يظهر أي شيء أعلى وأعرض ، ولكن لا تظن أنك ترى عندها الأشياء بالذات » .

(ذكره هـ. برنار H. Bernard في بنشن صحيفة الدراسات الاجتماعية آب 1941) .

هذا التعلق بفلسفات الماضي ، وهذا الاقلاع عن العلم وإمكاناته متلاحقان لا ينفصلان عن ضعف نمو الاقتصاد التجاري في الصين وعن سيطرة إنتاج زراعي اقطاعي ذي تقنيات تقليدية . ومن الملحوظ ان العدد الصغير من المثقفين الذين ابدوا إهتماماً حقيقياً بالعلوم (مثل المشاركين في الموسوعة العلمية موسوعة كونغ هي) كانوا في معظمهم من أصل من المناطق الصينية الشرقية ، وقد سبق وذكرنا نهضتها الاقتصادية النسبية . من ذلك الجغرافيون تسي شونان ، وشي كيان ، وفان كوان تشن من انهوي ومثل الفيلسوف الرياضي « تي - تشن » Tai-Tchen احد العباقرة النادرين في الفكر الصيني من القرن الثامن عشر ، وكان ابناً لتاجر من مدينة انهوي . ومثلهم الرياضيون لي جوي وتشانغ سونان ، وهما باعثا الجبر القديم ، وكانا معاً من العاصمة القديمة المتاجرة والغنية « سوت شو » على « الباس ينغ تسي » . ومن سوت شو أيضاً جاء الفلكي فنغ كوي فن Feng Kouei-Fen الذي نشر سنة 1850 جداول مرور مئة نجم في خط الهاجرة ودل بدقة على صعودها وهبوطها . وفي ينغ تشو وهي مركز كبير تجاري وصناعي في هذه المنطقة ، تولى لوشي لن Lo Che-Lin في بداية القرن 19 اعادة نشر حياة الرياضيين من العصر المغولي . أما العالمان مي ، الجد والحفيد فهما أيضاً من عائلة قديمة من الانهوي .

ولكن لماذا هذه البذور لاقتصاد متتجر ولانتاج تصنيعي ، ولماذا هذه البذور لنهضة علمية ، لم تنمُ أكثر من ذلك ؟

لماذا لم تصبح هذه الاقاليم في باس ينغ تسي ، مثل « البلدان المنخفضة » الصينية ، فتحفز العلم بنشاطها الاقتصادي كما حصل ذلك في هولندا في القرن 17 ؟ ان الكلام هو لمؤرخي الاقتصاد الصيني .

II - اليابان

العلم الوطني - لم تتطور الحضارة اليابانية في القرون الوسطى إلا كما لو كانت في ظل الصين آخذة عنها الكتابة الايديوغرافية (الكتابة الرمزية) ومفاهيمها السياسية الدينية (البوذية والكونفوشية) وتقنياتها الاساسية . وكذلك لم يوجد العلم الياباني الا كمقاطعة من مقاطعات العلم الصيني : جبر تين يوان (في اليابانية تنزان) ، طب ، علم فلك . وابتداءاً من القرن السابع عشر بشكل خاص ، وفي أيام حكم السلالة الاقطاعية ، سلالة طوكوغاوا Tokugawa (1603-1867) التي

مارست نوعاً من السيادة القيادية في القصر ، الى جانب الامبراطور (ميكادو) العاجز ، استطاعت اليابان أن تؤكد تماماً ، بالنسبة الى الصين ، على خصوصياتها القومية . وقام علم ياباني خالص ، يتطور على حدة خاصة في المجالات الرياضية وفي مجال الطب .

ولم يستعمل الرياضيون اليابانيون الأوائل لحساباتهم إلا عيدان الخيزران (صانغي)المأخوذة من زملائهم الصينيين . أما المعداد المستعمل في الصين منذ القرن الثالث تقريباً ، فلم يدخل الا في أواخر القرن السادس عشر إلى اليابان تحت اسم ضوروبان (من الصينية سوان بان اي جدول الحساب) ، وتضمن هذا المعداد بمعدّل 21 عوداً يقطعها حاجز طولي ، في احد جهاته يحمل كل عودخمس كرات وحدات ومن الطرف الآخر كرة تساوي خمس وحدات . هذا الجدول (راجع الصورة اربعين) يسمح بكل العمليات الحسابية ، ولكنه إنتشر بشكل خاص عند التجّار . ومال الرياضيون الى احتقاره واستمروا يفضلون عليه في أعمالهم النظرية عيدان الخيزران . وفي القرن السابع عشر ، استطاع الرياضيون اليابان أن يتجاوزوا زملاءهم الصينيين . وكان محفزهم هو سيكي كوا Seki Kowa (تاكا كازو) (1642-1708) من عائلة ساموراي . وقد كان هذا الرجل محفزاً أكثر مما كان باحثاً . ولكن المدرسة التي أسسها ، والمدارس المنافسة التي ظهرت فيها بعد ، كانت قادرة على مواجهة المسائل الاكثر تنوعاً .

وقد توصل اليابانيون الى قيّم لحرف π قريبة جداً . في سنة 1639اقترح ايماموا شيشو Imamura Chisho فقط 3,162 . ولكن إيدا آمي (1747-1817) وضع السلسلة التالية :

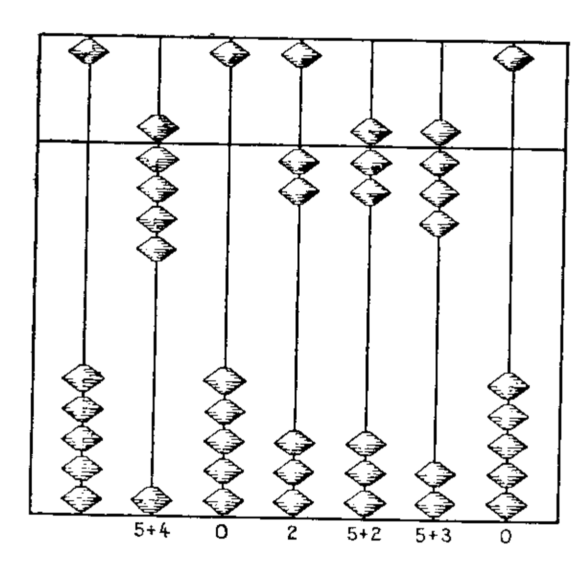
$$\frac{\pi}{2} = 1 + \frac{1!}{3} + \frac{2!}{3.5} + \frac{3!}{3.5.7} + \frac{4!}{3.5.7.9} + \dots$$

أما صاكابي كوهان Sakabe Kohan (1759-1824) وهوساموراي آخر اصبح رونين أو فارساً متجولاً فقد وضع السلسلة التالية :

$$\frac{\pi}{4} = 1 - \frac{1}{5} - \frac{1.4}{5.7.9} - \frac{(1.3)\,(4.6)}{5.7.9.11.13} - \frac{(1.3.5)\,(4.6.8)}{5.7.9\ \dots\ 15.17} - \dots$$

وفي مطلع القرن التاسع عشر عرفوا في اليابان قيمه لـ π تتضمن 26 كسراً صحيحاً وتحت اسم ينري (أو انري : مبدأ الدائرة) ، مورست نوعية من الحساب المتكامل عزي اختراعها ربما خطأً الى سيكي ، في حين أنه يعود الى تلميذه تاكيبي كينو Ta-Kébé-Kenko (كاتاهيرو وهو ساموري آخر) . وتطوّر مفهوم الينري في القرن الثامن عشر على يد الساموراي آجيما شوكوين Ajima Chokuyen الذي استكمل عمله من قبل يادا ياسوسي Wada Yasusi (1787-1840) ، ساموراي مقاطعة هاريما . وقد حسب هذا الأخير مثلاً سطح الكرة بأخذ أقصى الفرق بين أحجام كرتين موحدتي المركز .

وقد عولجت ايضاً دراسة المعادلات غير المحددة ، مثلاً من قبل ايدا آمي Aida Ammei بمناسبة المعادلة $x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + x_4^2 + x_5^2 = y^2$



صوره رقم **40** ـ العدد 90278 على الصوربان
(كرات موصوعة قرب الحاجز الوسط)

وكـانت ايضاً مسـائل الـدوائر المتـماسة المحبـوسة ضمن مثلث، أو ضمن دائـرة أو ضمن مقـطع من الدائـرة (وتسمي في هذه الحالة مسـائل المـروحة) هي ايضـاً شائعـة جـداً . وحل آجيـما Ajima مثلاً مسـألـة الدوائر الثـلاث المماسـة والمحبوسـة ضمن مثلث، مسألة r دوائـر محبوسـة كتاج داخـل دائرة كبرى

أمـا المـربعـات السحـريـة من أصـل صيني، فـظلت مـعـروفـة ومشـهـورة وكذلك جبر تنزان (انـدنزيتـو) وبواسـطته استبـق سكـي Seki فـكـرة المحـدّد وكــذلــك الاسـلوب المسـمى «اسـلوب هـورنر Horner». وساد مناخ من البحث الناشط في هذا اليابان الاقطاعي ، اقطاع طـوكو غـاوا Tokugawa . وكان التحفيز العلمي يتم بفضل تعليق مسائل مرسومـة على تـرس في المعابـد يقترحـها عالم ريـاضي على منافسيه ـ وهذه حركة تحـدٍ فروسي لا تثير العجب من قبل هؤلاء العلماء الذين كانوا في معظمهم من الساموريين القدماء .

والطب اليابـاني هو أيضـاً انطلق من الـطب الصيني ففي ظل حكم آل طوكوغاوا ادت نهضة الفلسفة الصينية الكونفوشية الجديدة عند آل صونغ الى نهضة في طب الصونغ . واستمر العـديد من الاطبـاء اليابـان يركـزون أعمالهم عـلى نظريـة العناصر الخمسـة (وهي الخشب ، النار ، الارض ، المعدن ، الماء) وكلها ممثلة في الجسم البشري ، وعلى نظرية تطابق الكون الاكبر مع العالم الصغير اي الانسان . ولكن كردة فعل ظهرت مدرسة كو اي هو Ko-i-Ho التي انتقدت طب الصونغ واقترحت العودة الى الطب الصيني في بداية الكونفوشية . من ذلك ان غوتو غونزان Goto Gon-zan (1659-1733) عزا الامراض الى سوء الدورة في النفس الحيوي . ولكن هذه النظريات القديمة لم تعـق تماماً تقدم الطب العملي : فقد قام تلميذ من تلامذة غوتو Goto ينسب الى المصادر الحارة مفعولاً على البنوما ، ويدرس خصائصها اي خصائص المصادر الحرارية على الاستطباب . وفي القرن 18 نشر كاغـاواجين تسو Kagawa Genetsu مطولاً في القبالة سماه السانرون. واستمر يعتمد النظريات القديمة إنما فيما خص نمو النطفة وكذلك العناية أثناء الوضع ، والمعالجة بعد الولادة . واظهـر حساً دقيقـاً في الملاحظة . وبحثـه خال ظاهرياً من تأثير غربي .

الاتصالات بالعلم الغربي ـ هذه المسألة مسألة تأثير العلم الغربي تطرح نفسهـا منذ وجـوب

تقديم بيان بالعلم الوطني الياباني في العصر الحديث . لان اليابان كالصين ، كانت منذ نهاية القرن 16 قد اصبحت على اتصال بالعلم الاوروبي وتطورت هذه الاتصالات عبر 3 مراحل مختلفة جداً : مرحلة يسوعية وبرتغالية حتى سنة 1630 ؛ ومرحلة هولندية خفية 1630-1720 ؛ ومرحلة هولندية شرعية 1720-1868 .

في أواخر القرن 16 وصل الى اليابان الغربيون الأولون ؛ وكانوا يسوعيين برتغاليين « نبن جن » (برابرة بحر الجنوب) . واتبعوا في اليابان تكتيكاً مشابهاً لتكتيك ريشي في الصين واكثروا من النشاطات العلمية . ونشروا كتباً في علم الفلك وادخلوا الكتب التي كانوا يطبعونها بذات الوقت في بكين . وفتح ب . الميدا P. Almeida مستشفى ومنه انتشرت جراحة برابرة الجنوب (نانبان روي جيكا) . وزرع الاطباء البرتغاليون قرب كيوتو 3 آلاف شجرة ونبتة طبية مجلوبة من أوروبا . وقام التلامذة اليابان ، تلامذة المبشرين بنشر العديد من المؤلفات الطبية : 55 قبل 1600 منها 10 مطولات في الجراحة و8 في طب العيون و 5 في الامراض النسائية . . .

ولكن لاسباب سياسية اتخذت الحكومة اليابانية اجراءات سريعة ضد الدعاية الدينية التي يقوم بها المبشرون الذين اتصلوا باقطاعيين عصاة . واعتبرت المسيحية خارج القانون . وسوف يصبح العلم الحديث في اليابان قريناً بالعقيدة المسيحية أكثر مما هو في الصين . وفي سنة 1630 صنع قيم القصر او الشوغون كل كتب العلم الغربية باعتبارها من أدوات الدعاية اليسوعية أما الكتب القائمة فقد اتلفت ومنعت استيراد كتب جديدة واعدم الفلكيون الميالون إلى الغرب مثل هياشي كيشي Hayashi Kichiuyemon وكوباياشي كانيسادا Kobayashi Kanesada عندما قامت الثورة المسيحية سنة 1637 .

رنغاكو Rangaku او المعرفة الهولندية في اليابان بخلال القرن 17حتى القرن 19 ـ وكان على اليابانيين الراغبين في تعلم العلوم الجديدة أن يقوموا بذلك بصورة سرية تحت طائلة العقوبات القاسية . وفي هذه الحقبة الثانية سوف يكون الدور الكبير للتجار الهولنديين المسموح لهم منذ 1641 من قبل الشوغون بإقامة وكالة تجارية في جزيرة ديشيما Deshima في مواجهة ناغازاكي وكان وجودهم يساعد على انتشار العلم الحديث من وجهين : من جهة كان المترجمون اليابانيون في منشآت ناغازاكي غير مطلعين علمياً ولكنهم على اتصال دائم بالتقنية العالية لدى الهولنديين (طب ، ملاحة ، وآلات متنوعة ،) وقد اهتموا بهذا العلم الغربي . ومن جهة أخرى وعملاً بالاتفاقية المعقودة بين الحكومة اليابانية والهولنديين ترتب على هؤلاء أن يرسلوا كل سنة سفارة تقدم الطاعة لدى شوغون في يادو . وكان الفلكيون والرياضيون اليابان كثيري العدد في العاصمة ولم يفوتوا هذه الفرصة لكي يتحادثوا مع الهولنديين ، وبصورة خاصة مع الطبيب الملحق بالوكالة التجارية والذي يعتبر عادة جزءا من البعثة .

وهكذا نمت في اليابان في آخر القرن 17 ، وانطلاقاً من هذه النشأة المزدوجة ، ورغم الحظر الحكومي حركةناشطةتهتم بالعلم الحديث وسميت رانغاكو أو العلم الهولندي . هذه الحركةكانت من

القوة حتى حملت الشوغون يوشيمون الى رفع المنع سنة 1720 عن المؤلفات العلمية الغربية أما المؤل ت السياسية والدينية فبقيت ممنوعة .

وعيّن الطبيب وأمين المكتبات أوكي بونزو Aoki Bunzo « استاذ العلم الهولندي » وانصرف في بادىء الامر الى وضع معجم علمي هولندي ياباني نشره سنة 1761 . وتقليداً له وبفضل دروسه أخذ العديد من رنغاكوشا (أو المتخصصون في العلم الهولندي) يدرسون العلم الحديث بواسطة كتب هولندية . وخلال هذه الحقبة الثالثة (القرن الثامن عشر والتاسع عشر) ، سوف يزدهر الرنغاكو في اليابان وخاصة في الطب والفلك والجغرافية . وانتشر الطب المستحدث الغربي منذ حقبة الاتصالات السرية ووصل الطبيب الهولندي من ديشيما ، كاسبار شانبرجن Caspar Schambergen الى اليابان سنة 1649 ، فعلّم بعض التلاميذ . وشاعت طبعة يابانية من مؤلفات انبرواز باري Ambroise Paréفي بداية القرن الثامن عشر. ولكن المرسوم اللبرالي الذي أصدره يوشيمون Yoshi-mune (1720)سوف يقدم امكانات أكبر بكثير. وفي 4 آذار 1771 حضر تلميذ من أوكي هو ماينو ريوتاكو Aoki Mayeno Ryotaku ، بصورة سرية مع بعض اصدقائه ، وبفضل تواطىء الجلاد ، تم تقطيع جسم امرأة محكومة بالاعدام . وكانت غايتهم التثبت من الجداول التشريحية الهولندية التي اشتروها من ناغازاكي ، ولاحظوا بدون خطأ ممكن أن هذه الجداول تناقض تماماً التشريح الياباني التقليدي . واعد ماينو وأصدقاؤه بعد هذه الليلة التاريخية، نقلاً عن هذه الجداول (جداول كولموس Kulmus) طبعة ظهرت سنة 1774 . وهناك رنغاكوشا اخر هو هوشينو ريوتسو Hoshino Ryoetsu ، صنع سنة 1798 هيكلاً من الخشب . ودرب الاطباء ومكتب التمثيل الهولندي في ديشيما ، وبصورة خاصة ب . ف . فون سيبولد P. F. Von Siebold (الذي وصل سنة 1822 العديد من التلاميذ . منهم هانوكا شيسو Hanaoka Seishu (1760-1835) ، الذي مارس استخراج الخراجات والبواسير المخرجية ، والإقتطاعات وعرف استعمال النار كوتيك أو المسكنات . ولكن هؤلاء الاطباء « على الطريقة الهولندية » (رانبو - ي) لم يكونوا يشكلون الا طليعة ضئيلة . وتدل روايات ش . ب . تنبرغ C.P. Thunberg (طبيب من ديشيما بعد سنة 1775) كيف أن غالبية زملائه ظلوا يمارسون بصورة حصرية المداواة بالإبر ، والكيّ وغيرها من التقنيات التقليدية .

وكان علم الفلك بسبب أهمية الرزنامة دينياً ومدنياً شأناً في شؤون الدولة في كل الامبراطوريات الاسيوية القديمة . وشجع الشوغون يوشيمون Yoshimune الفلكي ناكان جنكي Nakane Genk-ei على متابعة دراساته في الفلك رنغاكو (التي عالجها ناكان Nakaneحتى قبل مرسوم 1720 ، كدراسة الكسوفات مثلاً) ، وعينه سريعاً مديراً للمرصد الذي أسسه في يدو . وانتشر هنا علم الفلك الكوبرنيكي . وألف ترجمان من ناغازاكي ، موتوكي ريو Motoki Ryoei (مات سنة 1749) ، أول كتاب يعرض فيه محورية الشمس ، في الشرق الاقصى . وكان هوشي بنري Hoashi Banri ، مثقفاً من أوزاكا وهي مركز آخر كبير في علم الفلك نصيراً متحمساً لهذا النظام الكوبرنيكي ، حتى أنه نسب لنفسه اكتشافه . ولكن بعض الفلكيين اليابانيين ، المتأثرين بالكتب التي صدرت في بكين في القرن

السابع عشر ، على يد اليسوعيين ، ظلوا المتمسكين الاخيرين بمحورية الارض البطليموسية

أما في مجال الرياضيات فقد كان من الاصعب توضيح مدى التأثير المتبادل بين العلم الرنغاكو والعلم الياباني الوطني . نعرف مثلا ان الرياضي الكبير الياباني في القرن 18 آجيما Ajima كان يعرف علم المثلثات الكروي الغربي . ودخلت اللوغاريثمة الى اليابان سنة 1767 ، بفضل نشر وطبع مطول صيني عن اللوغاريثم في اليابان .

وفي مجالات أخرى ايضاً شرع رنغاكوشا يدرس بحماس العلوم الآتية من أوروبا . وفي سنة 1720 شرع نورو جنجو Noro Genjo بدراسة الهولندية بناء على أمر من الشوغون ،وبذات الوقت مع اوكي Aoki ، ونشر الاول سنة 1750 كتابه « تفسيرات يابانية لعلم النبات الهولندي » . ونشر شيبا كوهان (1738-1818) وهو رنغاكوشا شهير ، سنة 1783 ، ووفقاً للاسلوب الغربي ، أول صور محفورة على النحاس ظهرت في اليابان منذ إخراج اليسوعيين في القرن 17 . كما طبع أيضاً خارطات فلكية ، وكذلك في سنة 1789 وضع وصفاً جغرافيا للغرب . ومنذ سنة 1785نشر الخرائطي هاياشي شيهي Hayashi Shihei أول أطلس من الاطالس اليابانية التي تتضمن خطوط الطول وخطوط العرض .

التوازي مع الصين ـ وإذاً فقد أنجز العلم الحديث في اليابان تقدماً محسوساً أكثر من الصين ، خاصة منذ منتصف القرن 18 . وكان الفرق ظاهراً . وصدر كتاب ياباني حول الميكروسكوب سنة 1801 ، وذلك في نفس الوقت الذي اظهر فيه المثقف الصيني فنغ شن Feng Chen احتقاره الشاعري لهذه الآلة . وهذا الوضع يمكن أن يفسر بالفوارق بين تسلسلية النقل الهولندي والنقل اليسوعي . إن التقديم العلمي الهولندي الى اليابان لم يكن ناتجاً عن رغبة منهجيةفي التأكيد على تفوق الغرب . بل إن المحرك الوحيد فيه هو شهية العلم لدى العلماء اليابانيين، والتجار الهولنديون (باستثناء طبيب المكتب التجاري) لم يريدوا ولم يستطيعوا تقديم تعليم يضارع في قيمته تعليم المبشرين الرياضيين والفلكيين في بكين . لقد ترك الرنغاكو Rangaku وشأنهم . وكان عليهم أن يستجلوا بالتعب والمشقة مضمون مطولات مكتوبة بلغة لم يكونوا يمتلكوا منها إلا معلومات أولية . لقد هضموا العلم الحديث من تلقاء أنفسهم .

ويبقى علينا ـ وهنا أيضاً ينتهي درس فصل ضيق ظاهرياً عن تاريخ العلوم في الشرق الاقصى الى موضوع ذي أهمية تاريخية أكبر وأعم ـ ان نشرح لماذا يابان طوكوغاوا كانت أكثر انفتاحاً وتقبلاً من صين تسنغ Ts'ing . ان دراسة الأسس الاجتماعية للعلم الحديث في اليابان الا يمكن أن توضع هنا أيضاً في الطريق السليم ؟ في اليابان ، يابان القرن 18 و 19كان تطور الانتاج التجاري والمصفى اكثر تقدماً مما هو في الصين ، وبخاصة في مراكز مثل يادو واوزاكا و ناغازاكي ، وهي المراكز التي ازدهر فيها رنغاكو وأمكن ايضاً من جهة أخرى أن نلاحظ ان الكثير من الرياضيين اليابانيين كانوا متحدرين من أوساط الساموراي : وهذا حدث ملفت الى تفكك المجتمع الاقطاعي القديم والى تطور هذه الفئة العسكرية التي منذ أواخر الحروب التي وقعت بين الاقطاعيين في القرن 16 قد توجهت نحو النشاطات الادارية والمالية والاقتصادية فى اقطاعات النبلاء ، وهو أمر أعطى اليابان الحديثة قسماً كبيراً من كادراتها .

وإذاً اقترن العلم الحديث في اليابان في القرن 19 بقوى التجديد الاجتماعي والسياسي في البلد .

وقد شكل هذا العلم خطراً وعته حكومة الشوغونية تماماً فاتخذت ضد خطره تدابير قمعية متأخرة ، بعد أن عادت عن تدابيرها الليبيرالية التي سادت في القرن 18 ويعتبر مسلك تاكانو شووي Takano Choei نموذجياً اذ كان هذا العالم هو الأبرز بين رنغا كوشا عصره . فقد كان مؤلفاً لمطولات في علم النبات والمعادن والجغرافيا ، كما كان عضواً ، بذات الوقت ، في نادٍ اصلاحي ، وقد أوقف عدة مرات لهذا السبب . وحكم عليه في سنة 1840 بالسجن لمدى الحياة لانه غش الشعب بعلمه وتعليمه العصريين . هذا « الجيوردانو برونو » الياباني رد على متهميه بأباء وبعمل ايماني بالعلم :

« نحن لا نعرف رجلاً طلع الى السماوات ، ولكنّنا نحن عندنا فلكيون ، ونحن لا نعرف شخصاً نزل الى باطن الارض ولكن عندنا علماء جيولوجيا . . . توجد عين داخلية بواسطتها يمكن أن نرى هذه الاشياء » (ذكره ج . ب . سانصوم G.B Sansom اليابان والعالم الغربي) .

وهرب من سجنه سنة 1844 ، ولكنه أعيد القبض عليه ، فقتل بالهاراكيري Harakiri سنة 1850

في أواسط القرن 19 لم يكن العلم الحديث قد تسرب الى الصين والى اليابان بعد الا بشكل محدود جداً . ولكن تفاعلية شمولية العلم قد تكونت فيهما ، على أثر نشاط اليسوعيين المبشرين ، والتجار الهولنديين والعلماء الصينيين واليابانيين الذين استلهموا هذا النشاط . ولكن هذه التفاعلية اصطدمت في اليابان كما في الصين ، بعائق النظام السياسي القديم والاقتصادي أيضاً ، ذلك أن العناصر الحاكمة في هذين البلدين قلما كان لها مصلحة في تشجيع العلم الحديث (باستثناء بعض الحالات الفردية) ، بل كانت في أغلب الأحيان معادية له . وتصفية النظام القديم وحدها ، والتي حدثت بصورة تدريجية في الشرق الأقصى بخلال القرن 19 والقرن 20 ، جعلت من الممكن انتشار العلم الشامل في هذا الشرق .

مراجع الفصل الأول

العلم الصيني

Science chinoise : H. Bernard-Maître, Les adaptations chinoises d'ouvrages européens (*Monumenta Serica*, 1945) ; Id., Ferdinand Verbiest (*Id.*, 1940) ; Id., *Matteo Ricci's scientific contribution to China*, Pékin, 1935 ; Id., Notes on the introduction of natural sciences into the Chinese Empire (*Yenching Journal of social studies*, II, 2, 1941) ; Id., *La science européenne au tribunal astronomique de Pékin*, Paris, 1951 ; P. d'Elia, *Galileo in Cina*, Rome, 1947 ; W. Fuchs, Materialen zur Kartographie des Mandju-zeit (*Monumenta Serica*, 1935 et 1938) ; L. Pfister, *Notices biographiques et bibliographiques sur les Jésuites de l'ancienne mission de Chine*, 2 vol., Changhai, 1932-34 ; A. H. Rowbotham, *Missionary and mandarin*, Univ. of California Press, 1942 ; A. Wylie,

Notes on chinese litterature, Changhai, 1902 ; ID., *Chinese researches*, Changhai, 1897. Cf. aussi le Dictionnaire biographique de HUMMEL, *Eminent Chinese of the Ch'ing period*, Washington, 1944 (en particulier les notices sur Ho Kouo-tsong, Siu Kouang-k'i, Li Chan-lan, Li Tche-tsao, Lo Che-lin, Mei Kou-tcheng, Mei Wen-ting, Tai Chen, etc.). D'une façon générale, nous renvoyons le lecteur désireux d'approfondir certaines des conclusions présentées ci-dessus à l'ouvrage *Science and civilisation in China*, publié par Joseph NEEDHAM avec la collaboration de WANG LING et dont les huit ou neuf volumes sont en cours de publication à la Cambridge University Press. Mentionnons enfin une série de publications postérieures à la première édition de ce volume : G. BONNANT, The Introduction of Western Horology into China (*La Suisse Horlogère* (Inter. ed.), 1960, LXXV, nº 1 ; Sep. pub., Geneva 1960) ; P. DEMIÉVILLE, Les premiers contacts philosophiques entre la Chine et l'Occident (*Diogène*, nº 58, 1967) ; P. d'ELIA, The double Stellar Hemispher of Johann Schall von Bell, S.J. (*Monumenta Serica*, 18, 1959) ; ID., *Galileo in China ; Relations through the Roman College between Galileo and the Jesuit scientist missionaries (1610-1640)*, transl. by R. SUTER and M. SCIASCIA, Cambridge University Press, 1960 ; P. HUARD et M. WONG, Analyse de livres chinois concernant l'histoire des Sciences (*Janus 47*, 1958) ; J. NEEDHAM, *Chinese Astronomy and the Jesuit mission : an encounter of cultures*, London, 1958 ; Ying-hsing SUNG, *Chinese Technology in the XVIIth century : T'ien-kung k'ai-wu*, transl. by E-tu-Zen SUN and Shiou-chuan SUN, The Pennsylvania State University Press, 1960 ; H. SZCZESNIAK, The 17th-Century Maps of China ; an inquiry into the compilations of Eucopean Cartographers (*Imago Mundi*, 1956, XIII-116) ; G. Ho-ching WANG, *China's opposition to western religion and science during the late Ming and early Ch'ing*, Ann Arbor, Mich., University Microfilms, 1958.

اليابان

Japon : C. R. BOXER, *Jan company in Japan, 1600-1817*, La Haye, 1936 ; ID., *Christian century in Japan, 1549-1650*, Londres, 1951 ; Y. FUJIKAWA, *Geschichte der Medizin in Japan*, Tokyo, 1911 ; D. KEENE, *The japanese discovery of Europe. Honda Toshiaki and others discoverers (1720-1798)*, Londres, 1952 ; A. KOBORI, *Les étapes essentielles des mathématiques au Japon*, Paris, 1957 ; A. KUWAKI, Western science in later Tokugawa period (*Cultural Nippon*, 1941) ; Y. MIKAMI, *The development of mathematics in China and Japan*, Leipzig, 1913 ; C. OKUMA, *Fifty years of New Japan*, Londres, 1910 ; Sir G. B. SANSOM, *The Western World and Japan*, Londres, 1950 ; D. E. SMITH et Y. MIKAMI, *A history of japanese mathematics*, Leipzig, 1914 ; B. SZCZESNIAK, The penetration of the copernican theory into feudal Japan (*Journal of the royal asiatic society*, 1944) ; I. VEITH, Medicine in Japan (*Ciba symposia*, 1950) ; Beginnings of japanese obstetrics (*Bulletin of the history of medicine*, 1951) ; S. ARIMA, The Western influence on Japanese military science, shipbuilding and navigation (*Monumenta Nipponica*, 19, nºs 3-4, 1964, Tokyo) ; A. EBISAWA, The Jesuits and their cultural activities in the Far East (*Cahiers d'Histoire Mondiale*, vol. V, nº 2, 1959) ; H. HIROSE, The European influence on Japanese Astronomy (*Monumenta Nipponica*, 19, nºs 3-4, 1964, Tokyo) ; H. OHMORI, A Study of the Rekisho Shinsho (*Japanese studies in the History of Science*, nº 2, 1963) ; R. OTORI, The Acceptance of Western Medicine in Japan (*Monumenta Nipponica*, 19, nºs 3-4, 1964, Tokyo) ; H. SAIGUSA, Japanese Astronomy in the Tokugawa era (*Japan Quarterly*, 5, July/Sept. 1958) ; G. B. SANSOM, *The Western World and Japan*, New York, Knopf, 1962 (nouv. édition) ; M. UENO, The Western Influence on natural History in Japan (*Monumenta Nipponica*, 19, nºs 3-4, 1964) ; K. YABUUTI, The pre-history of modern Science in Japan ; the Importatian of western Science during the Tokugawa period (*Cahiers d'Histoire Mandiale*, vol. IX, nº 2, 1965) ; S. YAJIMA, The European influence on physical Science in Japan (*Monumenta Nipponica*, 19, nºs 3-4, 1964, Tokyo).

الفصل الثاني :

العلم الهندي في القرن الخامس عشر إلى القرن الثامن عشر

من القرن 15 الى القرن 18استمر العلم الهندي في الانتشار في كل ارجاء الهند بل انه انتشر في بعض البلدان المتأثرة بالهند . ولكنه قلما كان يتجدد . ان الفتوحات الاسلامية أوقعت ضربة خطيرة في القوة الابداعية للحضارة الهندية في معظم اجزاء البلاد . لقد احتفظ التراث العلمي القديم بوجوده ، ولكنه تأثر بمنافسة العلوم الاجنبية التي جلبها المسلمون ، ولذا اعتبر وكأنه ملك خاص يجب المحافظة عليه ضد الدخيل الأجنبي . وعملت الاوساط البراهمانية والهندوسية التي كانت ترعى هذا العلم على الدفاع عن مضمونه المقدس أكثر مما عملت على تطويره ببحوث جديدة . إن الخطر الاجنبي عمل على تمتين التراثية المتمسكة ، واستبدل شهوة الاكتشاف بالحرص على المحافظة . وكان المهم ليس تطوير العلم بل إظهار قيمته في مواجهة العقائد الدخيلة . ولم تبرز النوايا التناظرية في النصوص الرئيسية . إن هذه النصوص لم تحارب العقائد الجديدة ؛ بل تجاهلتها أما تصنعاً ، وأما لانها انبثقت عن أوساط أغلقت ابوابها ضد كل اتصال خارجي . ولكن حتى في هذه الاوساط التي رفضت التعرف على الأفكار الخارجية ، كان وجود هذه الافكار محسوساً وبغيضاً بحيث نما التعلق الشديد بالتعاليم القديمة .

ومن جهة اخرى كانت المعارف المستوردة من قبل المعلمين الاجانب ، في معظم الاحيان عملية تجريبية مثل الوصفات الطبية أو الخيميائية ، أو مثل جداول الحسابات الفلكية ، ولم تصدر عموماً عن حركة أصيلة تقدمية كالتي عرفتها العلوم الاسلامية في الهند فهذه المعارف المستوردة لم تكن لتحفز العلم الهندي على المنافسة . وعندما اعتمدها العلم الهندي ، وهذا ما حصل خارج الاوساط الارثوذكسية ، الامر الذي وقع هو أن هذا العلم قد امتصها في مجمله دون أن يجد فيها مادة مراجعة لعقائده العامة .

وفي جنوب شبه الجزيرة الهندية ، وفي مجال الثقافات الدراويدية كان التأثير الاسلامي أقل بكثير . بل إن هذا التأثير قد حُدَ منه ، بفضل نهضة براهمانية قامت في امبراطورية فيجاياناغار في القرن الرابع عشر حتى القرن 17 . ولكن هذه النهضة كانت على العموم تقليدية وغير تجديدية . وقد ساعدت في الجنوب على تقويه التعاليم الكلاسيكية السنسكريتية ، بحسب التيارات المحافظة في الشمال والمعارضة للمد الإسلامي .

إن ردة الفعل البرهمانية التقليدية لم تكن موجهة فقط ضد الاسلام . لقد بدأت قبل دخول

الاسلام الى الهند بوقت طويل . ولكنه جعلها أكثر حيوية وأكثر استمرارية ، وذلك حين برز كخطر أكيد . وعدا عن الحركات الخارجة بالنسبة الى البراهمانية ، أمثال حركات البوذية والجاينية ، وعدا ايضاً عن الحركات المادية ، هناك تياران قد ظهرا وحولا الافكار بآنٍ واحدٍ عن التراث البرهماني وعن الاهتمامات التي رمت الى تفسير عمليات الطبيعة بشكل عقلاني . من هذه الحركات الخارجة ، حركات كتب التقنية الدينية ، « التنترا » التي تأمر بباطنية رمزية وتهتم أكثر بالتكييف السيكولوجي عند الاتباع أكثر من إهتمامها بقوانين الطبيعة . ومن هذه الحركات الاخرى حركة بهاكتي Bhakti او التبتل التي ترد الكل الى حب الكائن الاسمى الذي تعزله الفلسفة عن الظاهرات الحدثانية .

هذه التيارات حولت الافكار عن العلم الحقّ ، والعودة التي حدثت باتجاه التراث البرهماني الكلاسيكي رجعت ، بصورة متأخرة بهذا العلم الى النقطة التي كان قد توصل اليها قبل أن يفقد نزعته الى البحث ، اي الى النقطة التي أوقفه عندها شراح القرون الوسطى .

I ـ الرياضيات وعلم الفلك

احتفظت نصوص علم الفلك التي أُلفت فيما بين القرن 15 والقرن 18بالاسس المسماة « سوريا سيدنهنتا » وفروعها وتكيفاتها . وهذه الاخيرة عملية تطبيقية بصورة أساسية وتهدف الى الوصول الى حسابات كان يحتاجها علم التنجيم بعد أن تطور أكثر فأكثر وأصبح شعبياً .

ويمكن أن نذكر في الادب الفلكي بخلال تلك الحقبة ، باعتباره منتمياً الى تراث « السوريا سيدنهنتا » ، « المكارندا » لسنة 1478 ، وهذا الكتاب كتب في بينارس وشرح شرحاً مشهوراً في القرن 17 (1620) ، ثم « المكارند فيغارانا » للمؤلف نرسيمحا Nrsimha ، وكذلك « لغراهالا غهافا » ، وهو موجز في حساب مواقع الكواكب وضعه غانيسا ديفاجنا Ganeçadaivajna سنة 1520 . وكان هذا الاخير مؤلف مطولين الاول اصغر والثاني أكبر ، حول احتسابات الايام القمرية (تيثي ، وتيثي سنتاماني) . وتأخذ كتبه من تراث اريابهاتا Aryabhata التي عدها لالا Lala (راجع المجلد 1 ، الفصل الثالث من القسم الثالث) ، وقد سادت كتبه بصورة خاصة في بلاد مارات وفي الديكن الوسطى . أما في الجنوب فقد ساد تراث اريابهاتا (أي فاكيام في اللغة التامولية) ، الى جانب تراث السورياسيدنهنتا (شيتندام) .

التأثيرات الاجنبية ـ في القرن 17 ورغم الفرق الثقافي بين الاوساط التقليدية الهندية والاوساط ذات المنشأ الاجنبي ، اعتمد علم الفلك العربي والاوروبي ، في بعض الاحيان ، وبصورة جزئية من قبل المؤلفين الهنود . وأخذت السيدنهنتا فيفيكا للمؤلف كامالاكار Kamalakara ، لسنة 1658 استعارات عن علم الفلك العربي . وفي القسم الاول من القرن 18 شجع المهراجا جاسنغ Jaysingh الثاني (1699-1743) بقوة علم الفلك ، فأمر بجمع كل الوثائق التي يمكن الوصول اليها عربياً وأوروبياً (وبخاصة جداول لاهير La Hire) لكي يضيفها إلى علم الفلك الهندي ، كما أقام مراصد في عدة

مدن مهمة : جيبور Jaypur ، التي أسسها بنفسه ثم اوجايني Ujjayni الذي كان خط الهاجرة فيهـا نقطة الانطلاق التقليدية لخطوط الطول ، ثم بنارس ودلهي وماتورة Bénarès, Delhi et Mathura وهذه المراصد اشتملت على أدوات ذات أحجام كبيرة كأبنية ظلت محفوظة في غالبيتها .

الاهتمام بعلم الفلك الهندي في القرن 18 ـ اهتم الاوروبيون منذ نهاية القرن 17 ، وبصورة خاصة بمناسبة بعثات لويس 14 إلى سيام، بتحديد مدى وقيمة المعارف العلمية ، وخاصـة الفلكية والرياضية لدى شعوب الهند . ودرس الفلكيون الفرنسيـون وخاصـة آل كاسيني Cassini ثم جنتيـل Gentil علم الفلك السياسي ، المتفرع من الهند ، وعلم الفلك الهندي بالذات ، عدة مزات في القرن 18 ، أما سنداً للمستندات الحاصلة بفضل المسافرين والمبشرين ، أو مكانيا كما كان الحال بالنسبة الى جنتيل Gentil في مدينة بونديشيري .

ولاحظ الاوروبيون أن غالبية المنجمين الهنود ، كانـوا يستعملون بصورة ميكـانيكية ، وبمهـارة فائقة ، جداول حسابية ، دون أن يرصدوا السماء ، ودون أن يمتلكوا معلومات عميقـة عن الخارطـة الكونية (كوسموغرافيا) . واستنتجوا من ذلك أن العلم الفلكي الهندي لم يكن اصيلاً . ولكنه استعار فقط ، من اجل احتياجاته العملية للتنبؤ بالكسوفات ولاقامة الابراج ، نتائج مأخوذة من الخارج أو عن تراث قديم منسي . وأفترض بايلي Bailly وجـود شعب قديم رائـع في علمه احتفـظت الهند ببقـايا معارفه . وبصورة أعم ، حكم بأن الهند تلقت النتائج الفلكية التي تستعملها من الصين أو من العالم اليـوناني والعـربي . والحقيقة الثـابتة عن الاستعـارات من علم التنجيم اليونـاني ، دعمت غالبـاً الرأي القـائـل بعدم وجود علم فلكي هندي خالص . نحن نعرف الآن ان هذا الرأي كان مضللاً ، لان نظام تتبع مواقع الكواكب في نكشاترا (مجلد 1 ، الفصل الرابع من القسم الأوّل) يمثل علم فـلك غير بروجي ، بارز في الهند قبل ادخال علم الفلك البروجي وظل باقياً الى جانب هذا الأخير . ولكن البحث الفلكي والرياضي قد توقف فعلاً في الهند ، بخلال القرن 18 . والنتائج الحاصلة لم تكن قد استعملت بحق إلا من قبل المتخصصين في الحسابات من أجل الاحتياجات التنجيمية .

II ـ الكيمياء والطب

ظلت الكيمياء من جهتها تستعمل بشكل تطبيقي خالص من اجل غايات الخيميا ومن اجـل الغايات الاستطبابية . ومجموعات الوصفات قد تكاثرت ، مجترّة باستمرار مادة الكتب الأكثر قدماً .

أما بعض التجديدات فلم تكن إلا ظاهرية . لانها تعلقت بتغيـرات في تسمية المـواد المذكـورة وبتغيرات في العرض أكثر مما هي دراسات جديدة .

وقد كان الحال كذلك في الطب حيث استمرت العقائد القديمة بدون تغيرات كبيرة رغم العدد الضخم من مجموعات عناصر التشخيص والتطبيب التي سبق جمعها .

وفي أيام الملك أكبر عمد الراجا تودر مال Todar Mall ، الذي كان في خدمة الامبراطورية المغولية الا أنه بقي متمسكاً بعمق بالثقافة الهندية وحريصاً على جمع العناصر لحفظها ، هذا الراجا أمر بجمع مجموعة طبية كبيرة وسط مجموعة ضخمة من المطولات حول مواضيع اخرى . وهذه المجموعة قصد بها تشكيل نوع من الموسوعة بالمعارف الهندية الخالصة في مواجهة المد الاسلامي .

ان الاستعارات التفصيلية من هذا المد الاسلامي كانت كثيرة في كتب الطب ، وفي المادة الطبية النباتية أو الحيوانية ، وفي المادة الطبية المعدنية أو الخيميائية . وبعض الكتب استوحت ، على الاقل في غاياتها الاساسية ، معلومات أجنبية أضفي عليها الطابع الهندي المصطنع . من ذلك كتاب اركابركاسا وتعني في السنسيكرتية « ضوء الشمس » ، وهو في الواقع كتاب يبحث « ضوء العرق » اي الكحول الناتجة عن مختلف التقطيرات المسماة بالعربية عرق .

وبالنسبة الى بعض الامراض أو الادوية هناك تسميات اخذت عن التسميات الشعبية أو العلمية الاسلامية . والبهافا براكاسا ، وهي مطول طبي من القرن السادس عشر يسير على نهج المطولات السنسيكرتية القديمة ، عرف السفلس باسم الفيرانجيروغا أو مرض الافرنج أو الفرنجة كما يقول المسلمون عندما يقصدون الاوروبيين وبالمناسبة البرتغاليين بشكل خاص .

وهناك طبقة كاملة من الكتابات الطبية تشكل الادب الطبي المسمى باليوناني والموجود باللغة السنسيكرتية ، وبصورة خاصة باللغة التامولية ، وبمختلف اللغات الهندية الآرية الحديثة . والقصد هنا هو الطب العربي المسمى باسم يدل أصلاً على كلمة اغريقي (يوناني باللغة السنسيكرتية) ولكنه استخدم فيما بعد ليدل باللغات الهندية على كل ما له علاقة بالمسلمين باعتبارهم قد حلوا محل اليونان الاقدمين كغربيين متقفين .

إنتشار العلم الهندي ـ على الرغم من بطء النشاط الخلاق ، وخسارة القوة الاشعاعية في الحضارة الهندية الخالصة ، تحت حكم المغول ، استمرت الهند تحتفظ في بعض المناطق بنوع من التأثير في المجال العلمي . فقد بقيت المواد الطبية والمفاهيم الهندية تنتقل نحو ارخبيل اندونيسيا حتى من قبل المسلمين الذين كانوا يذهبون من الهند ويحملون وينقلون الاستعارات عن وعي هذه المعارف .

ولكن في التيبت بشكل خاص استمر التأثير العلمي الهندي يمارس قدرته في الحقبة المتأخرة . وفي القرن 17 صدر شرح كبير لرجيود ـ بزي Rgyud-Bzi ترجمة لامهي تاهيادا L'Amytahydaya وقد كتب تحت عنوان فيدوريا غونبو ، ويدل على معرفة عميقة بالتراث الطبي الهندي . ومن جهة أخرى ، وبشكل خاص ، أنه في القرن السابع عشر أقفلت المجموعة القانونية التيبيتية الكبرى حول الشروحات البوذية والمطولات التقنية المترجمة عن السنسكريتية باسم بستان جيور Bstan-Gyur (طنجور) وفيما بعد ترجمت هذه أيضاً الى المغولية .

إنها مجموعة تحتوي عدداً كبيراً من المطولات العلمية الهندية التي ترجم الكثير منها ، بدقة ، في

القرن 17 تحت حكم الدلاي لاما (زعيم البوذيين) الخامس . وقد شجع هذا الأخير نهضة العلم التيبيتي المرتكز على العلم الهندي ، كما شجع بشكل خاص الترجمة الى التيبيتية ، لكتب - مفاتيح في الأدب السنسيكريتي ، ابتداء من الكتب القواعدية الكلاسيكية والمعاجم التي تمكن التيبيتي من الرجوع المباشر الى المصادر الدينية البوذية والى المصادر العلمية والتقنية الهندية العارية من أية صفة دينية خاصة[1] .

(1) بشأن المرجعية في هذا الفصل، يرجع الى المرجعية المذكورة في المجلد 1 طبعة 2 ص 177.

الفصل الثالث :
العلوم في اميركا المستعمرة

I ـ الاطار التاريخي

بعد اكتشاف كريستوف كولومبس ، وجهت أوروبا نحو أميركا موجات من المهاجرين سوف يعطون لهذه القارة ، اعراقاً وحضارة اصيلين عند اكتشافها ، حضارة أوروبية خالصة

ولكن أميركا الجنوبية وأميركا الوسطى ، المستكشفتين بشكل فجائي . والمأهولتين ثم المستثمرتين بشكل غير متساوٍ التقتا ، مع ذلك ، وبعد أقل من خمسين سنة من الفتح ، سماتها النهائية . أما أميركا الشمالية فستكون ابطأ ارتساماً ، والسكان البيض لم يتجذروا فيها الا بخلال القرن 17

أميركا الاسبانية ـ كان الاسبان أول الواصلين ولذا اخذوا حصة الاسد . وكان دافعهم البحث عن الذهب والافاوية وسراب البلاد الهندية ، وأوغلوا عميقاً بعيداً عن الشواطىء . وحوالى سنة 1550 كان المساحة التي سوف تبقى مؤسبنة قد تحددت تماماً وكمالاً تقريباً . وفي القرون اللاحقة ، تقدم الاسبان أكثر في أميركا الشمالية ، وفي كل مكان كان استعمارهم يتعمق .

وامتدت امبراطوريتهم الشاسعة في جزر الهند الغربية من ارض النار حتى كاليفورنيا ، مشتملة على قسم من أميركا الشمالية (غرب الولايات المتحدة الحالية ، وفلوريدا ، والمكسيك) ، وكل أميركا الوسطى وأميركا الجنوبية ، باستثناء البرازيل البرتغالية .

وعمل انهيار الامبراطوريات الكبرى الازتيك والانكا وامبراطورية مايا ، التي كانت متهاوية ، ثم استعباد الشعوب الهندية واجبارها على الدخول في المسيحية ،كل ذلك عمل على زوال الحضارة المحلية زوالاً شبه كامل وعلى استبدالها بالحضارة الاوروبية المسيحية .

والرابط بين اسبانيا وامبراطوريتها الذي كان وثيقاً في بادىء الامر ، سياسياً واقتصادياً انقطع بشكل نهائي في الثلث الاول من القرن التاسع عشر .

واعتبرت بلاد الهند الغربية كاملاك للتاج فحكمت مباشرة من مدريد من قبل الملك ومجلس بلاد الهند . وقد تغير النظام قليلاً عبر العصور . محلياً كان نواب الملك ، اثنين ثم أربعة يحكمون ممالك غير

متساوية (اسبانيا الجديدة والبيرو ـ الاكثر قدماً ـ وغرناطة الجديدة (1717) ، وريو دي لا بلاتا Rio de la Plata (1776)). وكان هناك امراء حاميات عامون تحت سلطة نواب الملك يقيمون في غواتيمالا ، وفنزويلا والشيلي وهؤلاء الموظفون الكبار كانوا يرسلون ، دائماً تقريباً ، مباشرة من اسبانيا .

وكان البيض ، وهم قلة بالنسبة الى جماهير المهجنين والهنود والسود ، الملاكين الكبار للارض واصحاب السلطة الوحيدين . وباءت الجهود المخلصة ، جهود بعض الاسلاك الدينية ، لحماية الهنود واستجلابهم الى الثقافة الاوروبية ، بالفشل تقريباً ، بل انها ساعدت على استيراد العبيد من افريقيا .

وظلت الوصاية الاقتصادية لاسبانيا ، شديدة الوطأة لمدة طويلة . فلم يسمح بأية تجارة بين الممالك الاسبانية الاميركية ، وبصورة أولى ، بينها وبين البلدان الاجنبية . ونظراً لانعدام الرساميل واليد العاملة ، ظلت الحالة الاقتصادية متأخرة جداً . ولكن في أواخر القرن 18 ، اضطرت اسبانيا ، وقد جرت الى الحروب الاوروبية ، الى التخلي عن احتكارها الحصري . واخذت المستعمرات ، أكثر فأكثر ، تتاجر مع البلدان الاخرى بحرية وتتفاعل مع احداث أوروبا . خاصة وأن التسلطية (Despo-tismo Ilustrado في حكم شارل الثالث (1759-1788)رغم أنها لم تنعكس في أميركا الا متأخرة ، ـ قد احدثت تجدداً فكرياً لا ينكر وساعدت بالتالي على تسرب الافكار الآتية من الخارج . وكانت النقمة ، الشديدة لدى المولدين ، تتأجج بأفكار الانسيكلوبيديين ، وبأمثلة من جمهورية الولايات المتحدة الفتية ، والثورة الفرنسية . وبعد استيلاء نابليون على شبه الجزيرة الايبرية وتنازل الملك ، تطورت حركات ثورية ، إنما بدون نجاح في الغالب ، في مستعمرات أميركا . وأدت السياسة الرجعية لدى فردينان السابع Ferdinand VII ، بعد 1815 الى العصيان والى استقلال الممتلكات الاميركية عن اسبانيا . وبعد تواجد دام أكثر من ثلاثة قرون في العالم الجديد لم تحتفظ اسبانيا الا بكوبا وببورتوريكو بشكل مؤقت . .

البرازيل البرتغالية ـ ادى اكتشاف البرازيل عرضاً من قبل كابرال Cabral ، سنة 1500 ، الى جعلها ممتلكات برتغالية . وكانت الحكومة مهتمة بالهند الشرقية أكثر ، فتركت في بادىء الامر الشعب للمبادرة الفردية . وبعد 1534 فقط ، وتقليداً لاسبانيا ، حاول الملك جان الثالث أن يثبت سلطته بقوة ، فأوجد ثلاث عشرة حاكمية عسكرية كان حكامها يعينون من قبله . وفي سنة 1548 تلقت البرازيل حاكماً . وفي فترة الاتحاد العائلي بين اسبانيا والبرتغال (1580-1640) انشىء مجلس للهند ، وكان امتياز لشبونة مطلقاً كامتياز اشبيلية . وفي القرن 18 ، حكمت البرازيل من قبل نائب للملك .

وكان المستعمرون البرتغال ، في بادىء الامر من صغار ابناء العائلات النبيلة ، ومن التجار والمهربين ، ثم فيما بعد من الفلاحين الآتين من آصور أو من ماديرا ، وقلّما حافظوا على نقاء دمهم ، فبدوا شعباً مهجناً يقطن البرازيل . وعدا عن البيض ، دخل العديد من العبيد السود منذ القرن السادس عشر .

أما الهنود ، فكانوا متأخرين جداً بالنسبة الى الهنود الذين التقاهم الاسبان في الجهة الاخرى من جبال الأندس، ووضعهم كان اشد قساوة من وضع هؤلاء الاخيرين . وقد هلك الهنود ، بآنٍ معاً بالاعمال العسكرية من قبل مستعمري المناطق الشاطئية وبالامراض التي نقلها هؤلاء المستعمرون ، ثم لوحقوا من قبل العصابات البوليسية ، واخضعوا لاشد أنواع الاستعباد قسوة ، فقام اليسوعيون الذين كان يدعمهم التاج أولاً ، بحصرهم في معسكرات كانت لهم فيها السلطة المطلقة . ولكن تحت ضغط الزراع الكبار الذين كانوا بحاجة إلى عبيد ، سحبت الحكومة تأييدها لليسوعيين الذين أخذت معسكراتهم تتضاءل . وفي القرن 18 ، وفي ظل حكم التسلط المتنور ، من قبل بومبال Pombal ، الغي استرقاق الهنود ، وطرد اليسوعيون من البرازيل سنة 1759 .

في القرن السادس عشر احتل البرتغاليون على شاطىء الاطلسي ، شريطاً رفيعاً من الارض تنازعوه في بادىء الامر مع الفرنسيين ، الذين استبعدوا نهائياً في أواخر القرن السادس عشر ، ثم مع الهولنديين الذين جاءوا مع موريس ـ ناسو سيغن Maurice de Nassau-Siegen سنة 1637 ، ثم طردوا سنة 1654 .

أمام الاحتياج الى الاراضي الجديدة ، الذي تسبب به الاقتصاد الهدام للارض المتبع من قبل المستعمرين تحت ضغط من الباحثين عن الذهب ومن صيادي العبيد ، تقدم البرتغاليون نحو الغرب حتى جبال الاندس ، ونحو الجنوب نحو الاراضي الاسبانية نظرياً . وتحددت الحدود سنة 1777-1778 فاعطت للبرازيل مساحتها الحاضرة 8500000 كلم^2 . ولكن رغم السكان الناشئين في الهضبة المنجمية في ميناس جيراس ، ظل ثقل السكان متمركزاً حول المرافىء : باهيا ، رسيف ، ناتال ، ريو دي جنيرو .

وتحولت البرازيل الى مملكة مستقلة ، على يد الامير ـ الوصي Prince-Régent الذي سوف يصبح جان السادس والذي هرب من البرتغال المحتلة من قبل الفرنسيين ، والمنفتح على التأثيرات الخارجية . ورأت البرازيل نفسها مهددة بالعودة الى حالة المستعمرة بعد أن عاد الملك الى عرشه في لشبونة . وشجع مثل المستعمرين الاسبان الحركة الانفصالية البرازيلية ، وتحت قيادة دون بدرو Don Pedro ابن ملك البرتغال ، أعلنت الامبراطورية الدستورية البرازيلية سنة 1821 .

الاستعمار الفرنسي في أميركا ـ ضمن خط الصيادين البرتغاليين تردد البحارة الفرنسيون الشواطىء الصخرية الكبرى في « الارض الجديدة » . وبفضل الصيد البحري ، اتصلوا بأميركا ، في وقت كان فيه بلاط فرنسا مهتماً بحروب ايطاليا ، وبالصراع ضد آل هبسبورغ Habsbourg . وطالب فرنسوا الاول بحق الاقامة في كل مكان اكتشفه الفرنسيون ، ولم يحتله فعلياً ملوك مسيحيون آخرون . إلا أن ملوك فرنسا ، وإن لم يهملوا الحملات بقصد اكتشاف بلدان الذهب والانتقال نحو « كاتي » قلّما دعموا المستوطنات الفرنسية في البلدان الجديدة .

في البرازيل ، استفادت المستوطنة الفرنسية التي أقامها فيلغينيون Villegaignon ، مساعد

الاميرال غاسبار دي كوليني Gaspard de Coligny ، لفترة قصيرة من الدعم الرسمي ، ولكن هذا الدعم كان غير كاف ، ورغم المقاومة العنيدة ، زالت « فرنسا القطبية الجنوبية » سنة 1560 تحت ضربات البرتغاليين .

في فلوريدا ، لم تنجح المنشآت الفرنسية التي أقامها ريني لودونيير René de Laudonnière ، وجان ريبو Jean Ribault ، رغم رعايتها في بادىء الأمر من قبل الحكومة . وقضت عليها حملة اسبانية سنة 1565 ، خاصة وإن مستعمريها كانوا من البرونستانت .

ولكن الفرنسيين ، قبل أن يمنعوا من الدخول الى أميركا الاستوائية ، اخذوا يتسللون الى أميركا الشمالية . فقد كان فرازانو Verrazano يحاول سنة 1524 ان يفتش فيها عبثاً عن ممر نحو « كاتي » . وذهب جاك كارتيه Jacques-Cartier لنفس الغرض ، وبلغ مصب سان لوران سنة 1534 ، وصعد النهر حتى موقع مونريال ، بخلال رحلته الثانية . وانتهت المحاولة الاولى ، الاستعمارية ، التي وقعت سنة 1541 ، بفشل كامل .

سنة 1603 ، وبناء لامر هنري الرابع ، عاد شامبلين Champlain الى الطريق التي اتبعها كارتيه وأقامت حفنة من الفرنسيين في البلد . وتأسست كبيك سنة 1608 . ووصل المبشرون وخاصة اليسوعيون باعداد بقصد « انجلة » البلد . وأقام الفرنسيون علاقات ممتازة مع بعض القبائل الهندية : الهورون . ولما كان الهنود الأمريكيون ، والاوروكوا خاصة هم ملاَّك الارض الاولون فقد دافعوا عنها بعناد .

ولما كانت « فرنسا الجديدة » لا تدر لا ذهباً ولا أفاوية ، لم يهتم بها الملوك ، والوزراء وخاصة كولبير Colbert ، الا لفترات متقطعة . وكان العنصر السكاني الرئيسي قد قدمته جماهير السكان الفرنسيين في الغرب من فرنسا : بواتو ، فاندي ، نورماندي Poitou, Vendeé, Normandie ، مع جنود الفرق الملكية ، الذين ظلوا غالباً في مواقعهم ، ولكن ضعف كندا العظيم كان دائماً عدد سكانها غير الكافي .

ومع ذلك ، قطع المستوطنون الغابة ، وأسسوا المدن بحثاً عن الفراء الذي هو أهم عنصر في تجارة كندا ، وتقدم كنديون نحو الغرب ، حتى بلغوا البحيرات الكبرى ، ونزلوا مع مجرى نهر المسيسيبي ورجعوا بعد هذه الدورة نحو أميركا المستعمرة حيث استولى لاسال La Salle على لويزيانا سنة 1682 ؛ وبعد استكشاف كل السهول وصلت جماعة فارانـدري Vérendrye الى الجبال الصخرية ، سنة 1743 .

إن كندا ، وأكاديا ، وبلاد الايلينوا ، ولويزيانا كلها شكلت « فرنسا الجديدة » ؛ ثم جزر الانتيل الفرنسية ، وغويانا ، ثم في الشيلي ، كثافة سكانية فرنسية تعد 4000 نسمة ، سنة 1746 ، اراد وزير البحرية الفرنسية جان فردريك فاليبو Jean-Frédéric Phélypeaux كونت دي موريباس Maurepas ، وبونشارتران Pontchartrain ، ان يحولها الى مستعمرة . هذا هو الفضاء الفرنسي في أميركا . وبوجه عام تبعت المنطقتان النهريتان ، منطقة سان لوران والمسيسيبي ومنطقة البحيرات

الكبرى ، خطاً مرسوماً سحب من طرف خليج سان لوران حتى بحر الانتيل : هذا القوس الدائري الضخم الذي كان يقطنه الفرنسيون، امتد حتى أميركا الجنوبية . وبالنسبة الى مجمل السكان الانكليز الاميركان الذين كان عددهم حوالى مليون ونصف المليون ساكن سنة 1763 بدا الـ 65 ألفاً من سكان فرنسا الجديدة متفاوتين جداً من الناحية السكانية. إن الحيّز الفرنسي في أميركا ، كتقسيم إداري تابع لوزارة البحرية كان مرتبطاً بالعالم الاطلسي . وحتى نهاية حرب الـ 7 سنوات ، ظل هذا الفضاء قسماً من فرنسا . ثم انفصل بعد معاهدة اوترخت Utrecht سنة 1713عن الواجهة الاوقيانية ، خارج كاب ـ بريتون حيث تقع قلعة لويس بورغ ، وكانت فرنسا الجديدة ، أو كندا محاطة بشعوب الابالاش Appalaches وبالمستعمرات الانكليزية الاميركية .وكان هذا الجزء مرتبطاً بفرنسا الام التي كانت في حالة تراجع على الصعيد البحري والاستعماري بالنسبة الى الخصم البريطاني ، منذ مطلع القرن 18 . وكان وادي سان لوران مثقلاً بقسوة الطبيعة ، فزاده المظهر السكاني فقراً ، بسبب النزوح نحو لويزيانا وبسبب إقامة الانكليز والاميركان من الهوغنوت الذين رفض ريشيليو Richelieu ان يستقبلهم في فرنسا الجديدة .

وفي ظل الادارة الفرنسية ، تابعت كندا بعناء عملية تنظيم حياة جماعية ، مختلف تماماً عن تنظيم فرنسا ، وبصورة خاصة عن الجيران من الاميركان الشماليين . وكانت كندا ضمن إطار من التحرك الشامل الذي ارتداه التوسع الاوروبي بفضل ألرسائل بين رجال العلم في القرن السابع عشر والثامن عشر ، وبفضل وجود ضباط البحرية ، وبملاحظة احداث التاريخ الطبيعي في أميركا الشمالية بصورة مباشرة ثم باستعداد الكنديين للابحار البعيد المدى ولاستثمار المساحات الواسعة

وبعد نهاية حرب الـ 7 سنوات ، ومعاهدة باريس سنة 1763غير انتقال الامبراطورية ، أو نقل السلطة من فرنسا الى بريطانيا مسار الجماعة الكندية الناطقة بالفرنسية ، مع الأخذ في الاعتبار عوامل الاستمرار والعوائق الكامنة في الحيّز الأميركي الشمالي.

الاستعمار الانكليزي ـ كان الانكليز مأخوذين في القرن 16 ، مثل كل الشعوب الاوروبية بحمى الذهب ، فحاولوا الوصول الى الهند التي لم يصل اليها كريستوف كولومبس . وعرف الايطالي جيوفاني Giovanni والايطالي سباستيانو كابوتو Sebastiano Cabotto بتمويل من تجار لندن، دون أن يعثرا على الممر،شواطىء اللبرادور وجزيرة الارض الجديدة واستبعد الانكليز وكذلك الفرنسيون من أميركا الجنوبية ومن أميركا الوسطى من قبل الاسبان ، الذين لم يستطيعوا رغم ذلك منع حملة دراك Drake وهوكن Hawkins، من القيام بعملها رغم أنها تشكل خطراً دائماً على بلاد الهند .

وفي القرن السابع عشر اخذت قوة اسبانيا تتراجع ، أما بريطانيا فبالعكس كانت في أوج قوتها البحرية ، فلم يمكن استبعادها عن الاراضي غير المحتلّة في أميركا الشمالية . وقد سبق لـولتر رالي Walter Raleigh سنة 1585ان حاول بدون نجاح أن يؤسس مستعمرة في فيرجينيا وأقيمت أول مستعمرة أنكليزية سنة 1607 في خليج شيزابيك .

وبعد ذلك عرفت أنكلترا نزوحاً نحو أميركا باعداد تتزايد باستمرار ، وكان النازحون مطرودين بفعل الاضطهاد الديني والسياسي ، ثم بالازمات الاقتصادية أو مدفوعين بحب المقامرة والطمع بالربح . وساهمت الحكومة بالاستعمار أيضاً ، وذلك عندما استبعدت نحو أميركا المحكومين تجاه الحق العام بعد نهاية تنفيذ أحكامهم . وتولت شركات تجارية أو جمعيات ملاكين يمتلكون اراضي وهبها الملك ، تولوا تجميع المستعمرين في انكلترا وفي المانيا وفي البلدان البروتستنتية .

كان هؤلاء المهاجرون يجدون أمامهم ـ عندما ينزلون في أميركا الشمالية مناطق من غابات واسعة ، مأهولة من قبائل هندية بدائية تعيش بشكل خاص على الصيد . وبحلولهم على الشاطىء ، كانوا يشكلون بؤراً معزولة بعضها عن بعض تتفرع بدورها لتشكل مستعمرات أخرى . وكان عدد هذه المستعمرات ثلاث عشرة في القرن 18 ، مختلفة جداً بعضها عن بعض . مستعمرات الشمال ، أو انكلترا الجديدة ، حيث تسود الروح النقوية « للاباء الحجاج للماي فلور » ، حيث يعيش المتوطنون على الزراعة وفقاً للاسلوب الاوروبي ، ومن التجارة أو الصناعة ؛ ومستعمرات أو مستوطنات الوسط ذات الجماهير المختلطة ، حيث الانكليز ، كأقلية ، يعيشون بشكل خاص من التجارة ؛ ومستعمرات الجنوب حيث تسود الارستقراطية ، ارستقراطية كبار مزارعي التبغ أو الأرُز ، حيث عدد العبيد السود ما ينفك يتزايد .

في بادىء الامر ، كان لهذه المستوطنات أنظمة مختلفة ، ولكن في آخر القرن 17 ، توصل القوم الى نوع من التوحيد : فكان حاكم يمثل الملك ، ومجلس خاص يعينه الملك ، وجمعية منتخبة من قبل السكان الذين كانوا يصوتون على الموازنة ويصادقون على قرارات المجلس الخاص .

واستطاع المستوطنون الانكليز ، بعد صراعات دامية غالباً ، ان يطردوا نحو الداخل ، او يبيدوا القبائل الهندية المفككة ، ولكنهم وجدوا أوروبيين آخرين في مواجهتهم . وكان الهولنديون قد توطنوا في امستردام الجديدة ، فقضي عليهم سنة 1667 ، ولكن الفرنسيين بالعكس وسعوا مجالهم ، ثم من البحيرات الكبرى حتى الميسيسيبي ، قطعوا أمامهم الطريق نحو الغرب . ووقعت المعركة الحاسمة سنة من 1754 الى سنة 1763وانتهت بانتصار الانكليز .

وطيلة قرن بقي الخطر الفرنسي إحدى ذرائع العرش البريطاني الكبرى لكي يحتفظ بالمستعمرات تحت تبعيته . وأدى زوال الخطر الفرنسي الى عدم جدوى حماية أنكلترا ، ثم أن المستوطنين شعروا أنهم أقوياء بما يكفي لكي يعيشوا لوحدهم . ولم تكن أسباب النقمة ضد الوطن الام غير موجودة ، ولم تنفك تزداد خطورة ، بسبب السياسة التسلطية التي انتهجها جورج الثالث . وزادت أسباب عدة النقمة ، وأدت الى قطيعة 1775 والى اعلان الاستقلال سنة 1776 في 4تموز .

وعندما قامت المستعمرات القديمة التي أصبحت بمساعدة فرنسا الولايات المتحدة الاميركية ، فأجبرت انكلترا على الاعتراف لها بالاستقلال سنة 1782 ، لم تطرد هذه من أميركا الشمالية . فقد بقيت لها كندا ، وبقيت ـ كفرنسا ـ في جزر الانتيل (بارباد ، جاميكا) حيث نمت نفس الحضارة الاستعمارية كما في الانتيل الفرنسية .

II ـ أميركا الأسبانية

طيلة القرنين التاليين على الاستيلاء ، لم يكن للامبراطورية الضخمة ، امبراطورية الهند الغربية ، علاقات فعلية إلا مع اسبانيا . فقد ادى الفتح الى خراب الحضارات السابقة على كولومب ، والى قيام ثقافة اسبانية وكاثوليكية نمت فيها . وبقيت هذه الثقافة بعد أن جلبها ، ونشرها وراقبها عن كثب الكهنة ورجال الدين من كل لون : فرانسيسكان ، ودومينيكان ، ويسوعيون ، ولكنها بقيت تقريباً محصورة بالسكان البيض ، الخلطاء والاسبان ، رغم أن الهنود لم يستبعدوا بصورة منهجية ، وان العديد من الكليات فتحت خاصة من اجلهم ، وأهمها كلية تلال ـ تلولكو ، قرب مكسيكو .

في القسم من هذا المؤلّف المخصص لعصر النهضة ، أشرنا عدة مرات ، الى المساهمات التي قدمها اكتشاف أميركا للعلم الاوروبي . إن طبيعة أميركا ومنتوجاتها ، وآداب الهنود وتقنيتهم ، سوف تعرف في أوروبا ، من خلال روايات الفاتحين والمؤرخين الخاصين . ومن بين هؤلاء يذكر غونزالو فرنانديز اوفيدو Gonzalo Fernandez de Oviedo ، واليسوعي جوزف دي آكوستا Joseph de Acosto ، وبرناردينو ساهاغون Bernardino de Sahagun والإنكا غارسيلاسو دي لا فاغا Garcilaso de la Vega وانطونيو فازكيز دي اسبينوزا Antonio Vazquez de Espinosa

شروط الحياة الفكرية ـ لم تكن بلاد الهند الغربية يوماً مركز ابداع فكري ، بل نشأت فيها مراكز ثقافة ناشطة جداً عند الفتح . وفي اوج الازدهار ، لحظة الفتح ، انشأت اسبانيا فيها باكراً الجامعات (كان هنالك حوالى 20 جامعة في مطلع القرن 19) ، تتنافس معها كليات دينية عديدة وأهم مراكز النشاط العلمي كانت مكسيكو Mexico وليما Lima، وهما مركزا إقامة نواب الملك الاولين . وفي القرن 17 و18 ، قامت جامعات اخرى في سنتو دومنغو وفي شاركاس Charcas(سكره اليوم) ، وسنتا في مدينة بوغوتا ، الخ . وعرفت هذه المراكز حياة فكرية ناشطة ولكن هذه الحياة اتجهت نحو المجالات الفلسفية والادبية .

وكانت الكتب في بادىء الامر معفاة من كل الضرائب دخولاً وخروجاً ، فكانت تستورد بأعداد كبيرة الى امبراطورية الهند الغربية . وكانت هذه الكتب خاضعة لمحكمة التفتيش الديني . ولكن هذه اظهرت من الناحية العملية ليبيرالية خاصة في مجال غير المجال الديني الخالص.

وكانت مكسيكو عاصمة اسبانيا الجديدة . فبلغت في القرن 16 مستوى فكرياً رائعاً. وأنشئت فيها أول مطبعة في العالم الجديد سنة 1535 (ونشر أول كتاب سنة 1539) . وقبل سنة 1579قامت فيها ثلاث مطابع . أما الصحف فلم تظهر بصورة دورية فيها إلا سنة 1722 .

وكانت جامعة مكسيكو «ريال وبونتيفيسيا اونيفرسيتي دي مكسيكو» قد عيّدت سنة 1951 عيدها المئوي الرابع منذ انشائها . ولكن المحاضرات لم تبدأ فيها إلا سنة 1553 ؛ الحياة الفكرية فيها كانت أقل نشاطاً من الحياة في كليات سان فرنسيسكو وسان ديفونسو . وأسس أول كرسي للطب سنة 1578 ، وتلته ثلاثة منابر قبل 1666 أما كرسي الرياضيات فقد انشىء سنة 1646 .

أما جامعة سان ماركودي ليما فقد أنشئت سنة 1551 وتمتعت بمداخيل ضخمة أتاحت لها أن تغذي 32 كرسياً منها كرسي للطب انشيء سنة 1638 . وأسست المطبعة في ليما سنة 1584 . وصدرت أول صحيفة دورية بعد سنة 1594 .

وفي القرن 18 وفي ظل حكم شارل الثالث قامت في أميركا الاسبانية نهضة فكرية جديدة حقة : فانشئت مدرسة للمناجم في مكسيكو ومعهد لعلم النبات في ليما ، ومرصد في سنتافي من مدينة بوغوتا . وتم تأسيس جمعيات ومجلات علمية : منها سميناريو دي نوفا غرانادا . مركوريو بيروانو (1791) تليغرافو مركنتيل (بونس ايرس ، 1801 ، الخ) .

الرياضيات ـ كانت غالبية الكتب الحسابية التي نشرت في أميركا الاسبانية قبل بداية القرن 19 ، تهتم بشكل خاص بالمسائل العملية الخاصة بهذه المستعمرات : أي بالعمليات التجارية الناتجة عن استثمار المناجم ، وحسابات القيم العائدة للذهب والفضة ، وحساب الكمية المتوجبة لملك اسبانيا .

وكان أول هذه المؤلفات هو : « سوماريو . . . كنتاس » (مكسيكو 1556) وكان مؤلفه جان دياز Juan Diez درس فيه مسائل تحويل العملة ، وحدد قواعد المعاملات التجارية ، كما عالج ايضاً عدة مسائل نظرية حول الاعداد والجبر . وكان المستوى شبيهاً بالمستوى الذي كان يُدَرس في مدارس أوروبا يومئذٍ . ونشير الى كتابين مماثلين : « ليبرو . . . بلدتا اورو » (ليما 1597) لمؤلفه جون بلفدير Jean de Belveder وكتاب «ليبرو بلا تاروديزيدا » (ليما 1607) للمؤلف غارغيا Garguilla . وكان أول كتاب حسابي حقاً نشر في مكسيكو : ارت بارا . . . » مكسيكو (1623) ، وكان مأخوذاً عن الكتب الاسبانية السابقة . ثم الحق سنة 1649 بكتاب : « ارت ارتمتيكا » لريتون A.Reaton . وكان المطول في الحساب العملي لمؤلفه ج . ج . باديا J.J.Padilla ، الذي نشر سنة 1732 في غواتيمالا أكثر كمالاً واحتوى بشكل خاص على دراسة الكسور العشرية . واستمر انتاج هذه الكتب حتى الاستقلال ، لسد حاجات الاستثمار المنجمي ، ثم فيما بعد لسد حاجات المدارس العسكرية .

واسند كرسي الرياضيات في جامعة مكسيكو التي أسست سنة 1646 الى فرنسوا ديغو رودريك Fr. Diego Rodriguez الذي تراسل مع العديد من العلماء الاوروبيين . ونشر رسالة حول مذنب 1652 . وكان اشهر استاذ لهذا الكرسي هودون كارلوس سيغنزا غونغور الذي كان مطلعاً تماماً على أعمال العلماء الاوروبيين المعاصرين . واليه يعود الفضل في دراسة حول مذنب 1680 ، واثناء مناقشة مع يسوعي نمساوي زائر في مكسيكو ، أثبت أن المذنبات ليس لها أي تأثير على الاحداث ، وهذه وجهة نظر تشرف التعليم العلمي في العالم الجديد . وفي آخر القرن 18 تفوقت الدراسة في مدرسة المناجم على دراسة الرياضيات في الجامعة ، اذ تضمنت الاولى مفاهيم الحساب اللامتناهي . وفي مجال الجيومتريا كان الانتاج فقيراً ، وقلما يمكن ذكر إلا دراسة واحدة حول تضعيف المكعب ، نشرت سنة 1696 من قبل استاذ في جامعة ليما .

عَلم التعدين والكيمياء ـ من المعلوم أن الاستثمار المنجمي لعب دوراً كبيراً في نمو العالم الجديد . فالمناجم التي كانت معروفة من قبل الهنود الحمر سرعان ما استنفذت ، وفتش الاسبان عن مناجم أخرى واكتشفوها وكانت أكثر أهمية . وكان المنجم الشهير ، منجم الفضة في بوتوسي Potosi الذي عثر عليه صدفة في بيرو العليا (بوليفيا الحالية) سنة 1545 ، ومناجم زاكاتيكا ومناجم سنتا بربارا . . . في المكسيك ، هي في أساس الثروة التي حولت اقتصاد أوروبا في القرن 16 والقرن 17 .

واستعمل الاسبان في بادىء الامر وسائل الاستخراج التي كان يستعملها الهنود الذين توصلوا الى درجة عالية من التقنية المتقدمة . وكانت العملية ترتكز على قابلية الفضة للذوبان في الرصاص الذائب ، ثم استخراج هذا المعدن الاخير بصورة تدريجية عن طريق الاكسدة في الهواء . وكانت العملية تتم في أفران صغيرة مثقبة بثقوب ومسخنة على فحم الحطب .

أما الاسلوب الجديد وهو اسلوب المزج (املغام) فقد ادخل الى المكسيك سنة 1556 من قبل برتولوميو دي مدينا Bartolomeo de Medina ، الذي تعلم هذه التقنية في اسبانيا على يد الماني . ويقوم الاسلوب على مزج تربة الفضة المطحونة والمرطبة « بالملح » (وهو حصيلة تحميص بيريت النحاس) والزئبق . ويحصل من جراء ذلك مزيج من الفضة يتم فصله بواسطة التسخين . وقد أتاحت هذه الطريقة استعمال ترابة الفضة ذات المعدل المنخفض مع توفير في استهلاك المحروقات . . وطبقت هذه الطريقة في بادىء الامر في المكسيك ثم اعتمدت من قبل بدرو فرنا فيلاسكو سنة 1572 وعممت حوالى سنة 1580 على مناجم الفضة في بوتوزي التي ازدهرت بعدها ازدهاراً حقاً . وادخلت تحسينات تقنية اخرى بعد ذلك : مثل استعمال المخروط المعدني لالتقاط ابخرة الزئبق وكذلك تحسين الافران . وفي سنة 1591 نشر الاشبيلي جان كردنياس تلميذ قديم في جامعة مكسيكو حيث علم ابتداء من 1607 ، كتاباً شهيراً عنوانه : « بريميرا بارتي بروبليما . . . » الذي تضمن بعض الدراسات حول التعدين ودراسة مفيدة في تفسير تفاعلات التمازج .

وفي سنة 1640 ظهر كتاب مطول ومهم جداً في التعدين عنوانه فن المعادن لالنسو باربا l'Alonso Barba وفيه وصف بطريقة المزج المستكمل بالتسخين . وطبع من هذا الكتاب عدة طبعات في اسبانيا وفي المكسيك وفي البيرو وترجم عدة مرات الى الالمانية .

واستمرت التقنية تتحسن في القرن 18 مستفيدة من التقدم الحاصل في أوروبا . ودرس العديد من المدراء في مدرسة المناجم في مكسيكو ، في أوروبا وخاصة في فريبرغ وفي ابسال ، واستجلبوا الى اسبانيا الجديدة معدنين من الساكس . ويجب أن نشير بصورة خاصة الى فوستو هويار Fausto d'Elhuyar مؤسس هذه المدرسة الذي اكتشف مع اخيه جوان جوزي Juan José(الذي لعب دوراً كبيراً ومهماً في تاريخ المعادن في نوفاغرانادا ، والذي اكتشف التنجستين في اسبانيا . وعمل في مكسيكو طيلة 50 سنة تقريباً كيميائي مميز هو اندرزديل ريو Andrésdel Rio ، هو السباق الى اكتشاف الفناديوم وقد نشر سنة 1795 كتاب : « المنتو اوريكتوغنوزيا » .

وكان الاهتمام بالكيمياء قد تم بتشر أول ترجمة اسبانية لكتاب لافوازيه Lavoisier « المطولة الأولى في الكيمياء»وذلك لأول مرة في مدينة مكسيكو. يقول همبولد Humboldt«سوف يتعجب المسافر بدون شك ، حين يجد داخل البلد ، على حدود كاليفورنيا ، شباناً مكسيكيين يتناقشون في موضوع تفكيك الماء وفقاً لاسلوب المزج في الهواء الطلق . . . » .

الطب ـ كان هناك كراسٍ للطب موجودة في مكسيكو منذ 1578 وفي ليما منذ 1638 .

وظل الطب في أميركا كما في أوروبا ، في القرن 16 ، طلباً تقليدياً خالصاً ، كما يدل على ذلك الكتاب الاول في الطب الذي نشر في مكسيكو بعنوان « أوبرا مديسينا » (1570) للطبيب ف . برافو F.Bravo الآتي من اسبانيا . إلا أن العديد من المؤلفات استلهم بخجل في مجال التطبيب ، المعارف الوطنية المتعلقة بالقدرات الشفائية لدى بعض النباتات . من ذلك الطبعة الثانية (مكسيكو 1592) من كتاب « تراكتادو بريفي . . . » لاوغستين فارفان Agustin Farfan ، طبيب سابق لدى فيليب الثاني ، وينصح فيه بعدة ادوية مستوحات من الطبابة الهندية . ويتميز كتاب « ميليشيا . . . هنديا » (مدريد 1600) للجندي فرغاس ماشوكا Vargas Machuca (1557-1622) بأهميته وإهتمامه بالممارسة الطبية . وهذا الكتاب الذي سمي « مرشد الفاتحين » يعالج كل المسائل التي تعترض الفاتح الاسباني ، ويعالج بصورة خاصة المعارف الطبية والعلاجات الضرورية في المعركة . وهذا الطب التجريبي يستعين بالتشخيص السريع وبالعلاجات البسيطة والسريعة وبعضها من أصل هندي .

إلا أن الطب الرسمي ظل أميناً للافكار التقليدية ، ومتجاهلاً ، في القرن 17 والقرن 18القسم من التجديدات التي دخلت على الطب الاوروبي ، كما نرى ذلك في أول كتاب طبي نشر من قبل مؤلف ولد في أميركا وهو كتاب ماركوس جوزي سلغادو Marcos José Solgado (مكسيكو 1727) . ونذكر ايضاً أنه في أواخر القرن 18 كان اجراء الحقن قد انتشر بشكل واسع في اسبانيا الجديدة وإن التلقيح دخل اليها في سنة 1804 .

علم النبات ـ لعبت أميركا الاسبانية دوراً كبيراً في تطوير المعارف النباتية ، وخاصة كحقل تجارب بالنسبة الى العلماء الاوروبيين . وكانت نباتات أميركا ، وخاصة طيلة حقبتين موضوع إهتمام ودراسة . في القرن 16 ، أولاً ، ومباشرة بعد الفتح . ثم في القرن 18 لاحقاً ، بعد العديد من الحملات العلمية الآتية من أوروبا والتي اشترك فيها غالباً نباتيون أميركيون .

من المعلوم أن أميركا الاسبانية قد اغنت أوروبا بالعديد من النباتات التي قلب بعضها الحياة الاقتصادية بالعالم . ونحن نكتفي بذكر الامثلة الأكثر بروزاً . فكنباتات مستخدمة لغايات طبية هناك الكينا ـ الذي استخرجت منه فيما بعد مادة الكينين ـ ثم الكوكا، ثم المتي ، ثم عطر البيرو ، ثم الفشاغ والتبغ الخ . أما النباتات الغذائية فمنها الذرة ثم المنيهوت والفستق والبندورة والكاكاو وبصورة خاصة البطاطا . أما النباتات الصناعية فهناك المطاط وشجرة البقّم .

وكان سكان البلاد الاصليون يعرفون استعمال أغلب هذه النباتات . وكان الآزتك يعتنون

بجنائن علمية نباتية حقة تحتوي على أغراس نادرة .

ولاحظ الفاتحون الاول غنى النباتات الاميركية ، وحاولوا أن يستولوا على تراث المعارف الهندية . ومنذ الفتح ، سرت معلومات كانت في الغالب كيفية حول موضوع القيمة الطبية للعديد من النباتات ، وخاصة حول القوة المضادة للسفلس في الخشب المقدس « الغاياك » .

واستطاع برناردينو ساهاغون Bernardino de Sahagun (1499-1590) الحصول على معلومات ثمينة من الهنود الحمر ، ومن البستان الطبي موكتيزوا في واكستبك . ولكن كتابه « هستوريا دي لا كوزا دو نوفا اسبانيا» ظل بدون طباعة حتى سنة 1829 . وتعلق نقولا مونارد (1507-1588) Nicolas Monardes الذي كان يتاجر مع الهنود ، بدراسة النباتات في العالم الجديد . ونجح في تدجين بعضها في بستان له في اشبيلية ، ونشر من سنة 1565 الى سنة 1574 ، كتاباً « هستوريا مديسنال » نال نجاحاً باهراً وترجم الى عدة لغات .

في سنة 1570 ، قام « مجلس الهند » في أميركا باستقصاء يتضمن حوالى خمسين من الاسئلة أغلبها يبحث في التاريخ الطبيعي ، والنباتات والادوية المستعملة من قبل سكان البلاد الاصليين . وبعد ذلك بقليل ، وبناء على تعليمات من فيليب الثاني ، قام طبيبه فرانسيسكو هرنندز برحلة في اسبانيا الجديدة ، من سنة 1571 الى 1577 ، فجمع العديد من المعلومات لدى الآزتك وعاد الى اسبانيا ، وبحوزته 16 مجلداً من الرسوم والنصوص المتعلقة بالتاريخ الطبيعي للبلدان المزارة . وبقيت نسخة في مكسيكو ، وقد لخصت تلخيصاً سيئاً من قبل فرنسيسكو غزيمنز في « كاترو ليبرو . . . » (مكسيكو 1615) . ورجع ن . آ . ريشي N.A.Recchi طبيب فيليب الثاني الى أعمال هرنندز ونشر منها ملخصاً باللاتينية عند عودته الى ايطاليا (روما 1628) . وعمل العديد من أعضاء « اكاديميا دي لنسي » في طبعة ثانية لهذا المقتطف الذي أغنوه بالعديد من الملاحق .

ولم يصدر هذا « الرورم مديكارم نوفا هسبانيا تزوروس » إلا في سنة 1651 . إلا أن المواد التي جمعها هرنندز أودعت في مكتبة اسكوريال ، احترقت سنة 1671 مع حريق المكتبة .

واحتوى مطول كردناس Cardenas المذكور ، ايضاً بعض المعلومات حول النباتات وورد فيه ذكر للذرة والتبغ والكوكا وبعض النباتات المنومة . وقدم مخطوطاً كتب سنة 1552 تقريباً باللغة المحلية من قبل الطبيب الهندي مارتن دي لاكروز ، وترجم الى اللاتينية من قبل احد زملائه الهنود في كلية تلال تليلولكو ، جوان باديانو Juan Badiano ،معلومات مفيدة . واكتشف ثانية سنة 1929 في مكتبة الفاتيكان ، ونشر سنة 1940 ، ونشر اليسوعي الاسباني جوزي دي اكوستا José de Acosta (1539-1600) بعد اقامة طويلة في أميركا الاسبانية ، وخاصة في البيرو والمكسيك ، كتابا اسمه « هستوريا . . . » (اشبيلية 1590) وفيه يشير في الفصل المتعلق بالتاريخ الطبيعي الى عدة نباتات أميركية : الذرة ، البطاطا ، الاناناس ، الموز ، الكاكاو ، الآغاف والكوكا . الخ .

وقد أثارت النباتات الاميركية إهتماماً متجدداً في القرن 18 .

وكانت قيمة بعض النباتات معروفة تماماً في أوروبا ، مثل قيمة قشر الكينا الذي كان يشفي من الحمى الثالثة والرابعة والتي انتقل استعماله من البيرو الى اسبانيا ، ثم الى مختلف بلدان أوروبا . وكان المراد أيضاً درس وجمع نباتات بذات الأهمية ، مع ارضاء فضول علماء النبات الذين كان العالم الجديد يقدم لهم حقلاً واسعاً من التجارب .

وكانت أميركا الجنوبية مسرحاً للعديد من البعثات العلمية . واستكشفت شواطىء البيرو والشيلي من قبل الفرنسيين فرنسوا فويبه Francois Feiullée (من 1707الى 1712) وفريزيه Frésier(من 1712الى 1714). وفي سنة 1735، أرسلت أكاديمية العلوم في باريس بعثة بقيادة بوغر Bouguer ، وكوندامين Condamine، بقصد قياس قوس خط الهاجرة قرب خط الاستواء. وظل العالم النباتي في البعثة جوزف دي جوسيو Joseph de Jussieu ، وقد جذبه هذا الحقل الواسع من البحوث ، 35 سنة في أميركا الجنوبية ، وكان يرسل لاخوته العديد من المذكرات ، ولوائح بالنباتات والبذور . ووجه كوندامين الى اكاديمية العلوم ، سنة 1738 ، أول وصف لشجرة سماها كنكينا . وبعد نهاية العمليات الجيوديزية ، نزل الامازون وذهب الى غويانا . وبعد عودته ، قدم أمام الاكاديمية ، سنة 1751 ، مذكرة « حول صمغ مطاطي مكتشف جديداً في كايان . . . » صمغ سماه كاهوشو . وأضاف ملك اسبانيا الى البعثة الفرنسية ضابطين شابين اسبانيين جورج جوان وانطونيو أولُّوا . ونشر هذا الأخير سنة 1748 «تقريراً تاريخياً . عن أميركا الجنوبية» .

وبنفس الحقبة تقريباً ، استكشف اليسوعي الشيلي ج . ي . مولينا J.I. Molina (1738-1829) الثروات الطبيعية في الشيلي . وابعد سنة 1768 ، فنشر سنة 1782 ، في بولونية ، نتائج بحوثه ، وخاصة كتاباً عن نبتات الشيلي . ونذكر أيضاً مرور البعثات المشهورة ،بعثات بوغنفيل Bougainville وكوك Cook ، على شواطىء أميركا الجنوبية .

واحدث مجيء شارل الثالث تغييراً عميقاً في السياسة الاستعمارية الاسبانية . ومن اجل وضع جردة بالموارد النباتية في أميركا الاسبانية ، تقرر ارسال عدة بعثات علمية نباتية الى البيرو والشيلي والى غرناطة الجديدة وأخيراً الى المكسيك . .

وتولى قيادة بعثة البيرو والشيلي من سنة 1778 الى سنة 1788 هـ. رويز H.Ruiz وج. بافون J.Pavon اللذان رافقهما في قسم من رحلتهما الفرنسي ج. دومبي J. Dombey الذي عرفت إخفاقاته .

وكانت نتائج هذه البعثة قد نشرت جزئياً في مدريد من سنة 1798 الى سنة 1802 . أما ج . ك . موتيس J.C.Mutis فقد أرسل سنة 1760الى غرناطة الجديدة (كولومبيا) فظلّ فيها ، فجمع العديد من العيِّنات عن نباتات نفذ لها رسمات رائعة واعطى ليني Linné بعضاً من عيناتها .

أما البعثة الى اسبانيا الجديدة بقيادة م . سيسي M.Sessé فلم تصل الى مكسيكو إلا في سنة 1787 . وكانت اهدافها الاولى إقامة بستان نباتي في مكسيكو وكرسياً إضافياً (1788) ثم اصدار طبعة

كاملة عن أعمال هرنندز (ثلاثة مجلدات ، مدريد 1790) سنـدا للمستندات العمليـة التي بقيت في المكسيك. وقام جدل حار بهذه المناسبـة بين البعثـة الاسبانيـة وعلماء النبات المـولدين حـول موضـوع ليني والمعـارف النباتيـة عند الازتيـك . وبعدهـا جـاب رئيس البعثـة م سيسي M.Sessé ومسـاعـده المكسيكي ج . م . موسينو J.M.Mocino ، من سنة 1795 الى 1804 ، أكثر من 3000 كلم في أميركا الاسبانية ، مكوناً مجموعة من الاعشاب غنية جداً ، ومجموعة رائعة من الصور الملونة ، نشر قسم منها من قبل عالم النبات السويسري آ . دي كندول A.de Candolle .

وفي ريو دي لابلاتا Rio de la Plata ، تجب الاشارة الى الدور المهم الذي لعبته اللجان التي قدمت سنة 1780 لتدرس الحدود بين الممتلكات الإسبانية والبرتغالية . وقد ساهمت الدراسات التي قام بها اعضاؤها في تحسين معرفة الجغرافيا ، وعلم الخرائط ، وعلم الاعراق (اتنو غرافيا) ، وفي حالـة فليكس دي آزارا Felix de Azara ، كذلك تحسين المعرفة بعلمي الحيوان والنبات في هذه المناطق .

وتجب الاشـارة ايضاً الى الـدراسات المجـراة ، في نهاية القـرن ، من قبل ل ني وت . هـانك L.Née et Th.Hoenke ، وهما عالمان طبيعيان ملحقان بالبعثة التي كانت بادارة السندرو مالاسبينا من 1789 الى 1794 . ونشر وصف لقسم من النباتات المجموعة من قبل هنكي Haenké ، في براغ سنة 1825 ، وبصورة خاصة يجب أن نذكر الرحلة الكبـرى التي قام بهـا بين 1799 و 1804اسكنـدر فون همبولد وايمي بونبلان، هذان الرحالتان اللذان زارا قسماً كبيراً من أميركا الاسبـانية قـطفا فيهـا قطافـاً استثنائياً ، من المعلومات حول الحيوان والنبات ، والجغرافيا والاتنوغرافيا ، جمعت في سلسلة كاملة من الكتب منها « محاولة حول جغرافية النباتات » (1805) ، ثم الكتابان المهمـان « بلانتـا آكينوكسيـال » (باريس 1805-1818) . هذه الانجازات القيمة فتحت عهداً جديداً في اكتشاف واستثمار الثروات الطبيعية في أميركا الجنوبية ، ولكنها لا يمكن أن تنسي أهمية إنجـازات الطليعيـين الذين جلبـوا للعالم معرفة واسعة عن هذه النباتات ، والذين نشروا زراعة العديد من النباتات المفيدة .

III ـ البرازيل البرتغالية

كان النشاط الفكري في البرازيل محدوداً نـوعاً مـا خلال الفتـرة الاستعماريـة ، جزئيـاً بسبب اندماجه الوثيق بالبرازيل الام ، ثم بسبب تشتت المراكز المدينية .

كانت السياسة الاستعمارية البرتغالية تهدف الى الغاء كل نشاط فكري في هذه المستعمرة ، فلم تحصل البرازيل على جامعة ولا على مطبعـة . واقتصر التعليم ، أيضاً ، في القـرن 18 ، على التعليم الثانوي المقدم من قبل اليسوعيين ، بالشكل التقليدي الادبي الخالص .

وأشار بعض المسافرين الفرنسيين ، منذ القرن 16 ، الى البرازيل والى السكان الاصليين توبي - غاراني : من هؤلاء المسافرين تيفت Thévet الذي سافر مرتين الى البرازيل سنة 1550و1554 ، ثم ليري Léri ، مرافق فيلغينيون الى جزيرة الفرنسيين .

ونشر البرتغالي - ج س . دياس دي سوزا G.S.de Souza الذي أقام في باهيا ، بين 1568 و1590 ، وانشأ فيها مطحنة لقصب اسكر ، قبل أن يستكشف ترابة المعادن والاحجار الكريمة ، داخل البلاد - « تراتادو . . . برازيل » ، وتضمن هذا الكتاب معلومات مهمة حول حيوانات ونباتات البرازيل . نذكر أيضاً « اكتشاف الكورار ، سنة 1563 ، من قبل ب . م . دانجيرا الذي رافق الجيوش البرتغالية الى باهيا . وفي القرن 17 ، نمت حركة علمية مشرقة نوعاً ما ، في البرازيل الهولندية في رسيف ، حول موريس دي ناسو Maurice de Nassau ، من 1637 الى 1644 . وانشأ هذا الاخير مرصداً ، وبستاناً نباتياً وحيوانياً واستقدم معه العديد من العلماء الذين نشرت مؤلفاتهم عند عودتهم الى البلدان المنخفضة . نذكر منهم طبيباً من امستردام ، بيزو Piso الذي درس النباتات الطبية وسم الكوبرا ، وخاصة شريكه الالماني ج . ماركغراف G.Maregrav الذي وضع « التاريخ الطبيعي للبرازيل » (امستردام 1648) . وهو كتاب مهم جداً لمعرفة النباتات والحيوانات في البرازيل . والذي قام بملاحظات مهمة طوبوغرافية ، وارصادية جوية وفلكية - وقد رصد بشكل خاص كسوف 1640 والمؤلف المذكور من قبل ماركغراف ، يعزو الى نقص غذائي في حالات العمى الليلي الملحوظ وجوده لدى عبيد في المنطقة التي أقام فيها ناسو Nassau مستوطنته . وفي سنة 1643 ، نفذ الهولندي اكهوت Eeckhout سلسلة من الرسوم الملونة حول توبي - كاراني . وعدا عن هذا المركز الثقافي العلمي الذي زال بزوال الهولنديين ، لا تمكن الاشارة إلا قليلاً الى عدد من الدراسات حول النباتات وحول المناظر الاستوائية ، قام بها علماء اجانب متنوعون : وليم دامبيه William Dampier 1704 ، ل - آ بوغنفيل L.A.de Bougainville الذي توقف في ريو دي جانيرو سنة 1765 ، وفيليب كومرسون Ph.Com-merson الذي قدم لبستان الملك مجموعة جميلة من نباتات البرازيل ، وسير جوزف بانكس الذي أقام فيها سنة 1768 .

ويتوجب أخيراً ذكر أن برتولومو لورنسو Bartholomeu Lourenço الملقب غوسماو (1724-1685 Gusmao) الذي كان احد الطليعيين في الصعود الى الفضاء بالمنطاد ، كان برازيلياً ، ولد في سانتوس ، ثم جاء الى البرتغال صغيراً ، فدخل في جمعية يسوع . وجعلته تجاربه التي اجراها في لشبونة سنة 1709 يعتبر احياناً وكأنه السابق المباشر للاخوين مونغولفييه ، والواقع أن تجاربه اقتصرت على الارتفاع عدة أمتار ، بواسطة بالون صغير منفوخ بالهواء الحار . أما نسبة رسمة « باسارولا » الى غوسماو ، وهي مشروع كيفي لآلة طائرة استثارت الفضول في مطلع القرن ، فهي مضللة . كان غوسماو اكاديمياً ، وجابي صدقات ملكي ، وقد لوحق من قبل محكمة التفتيش في أيلول 1724 وهرب الى طليطلة حيث مات بعد شهرين .

وكان لا بد من انتظار نهاية القرن 18 ، حتى تظهر في البرازيل نهضة علمية جديدة ، تبعت عصرنة العلوم في البرتغال ، وتبعت نهضة جامعة كومبر بتأثير الماركيز بومبال Pombal ، واحب كثير من البرازيليين الذين درسوا في كومبر مذاق العلوم . في حين تأسست في ريو دي جنيرو اكاديمية علمية وجمعية أدبية ، كما حدد الجغرافي لارسيدا الميدا Larcedae Almeida مستحدثات العديد من

مدن البرازيل ووضع خارطات لعدة مناطق . وقام العالم النباتي اسكندر رودريغ فريرا الملقب همبولد البرازيل باستكشافات علمية في الامزونيا وكتب العديد من الدراسات في علم النبات وعلم الحيوان ونقلت مخطوطاته من لشبونة الى باريس ، بعد ان احتل الفرنسيون البرتغال سنة 1808 . واستفاد من هذه المخطوطات جوفروا سانت هيلر Geoffroy Saint-Hilaire .

أما العالم بالمعادن جوزي بوري فاشيو José Borifacio فدرس مناجم البرازيل قبل أن يصبح صاحب كرسي في علم التعدين في جامعة كومبر .

ولكن البرازيل كانت ما تزال محكومة بقسوة من قبل لشبونا . ولهذا منعت الحكومة البرتغالية همبولد من دخول البرازيل سنة 1800 . وادى الاحتلال الفرنسي للبرتغال الى أجبار الامير الوصي على العرش ، الملك جان السادس مستقبلاً الى اللجوء الى البرازيل ، مما حول الحياة في المستعمرة . وفتحت البرازيل أمام التجارة الخارجية ، وتأثرت بالعالم الخارجي . وتأسست فيها المؤسسات العلمية والثقافية العديدة : مثل المطبعة الملكية ، البستان النباتي ، المتحف الملكي ، الكلية الطبية الجراحية ، الاكاديمية العسكرية الخ . كما شجعت الدراسات العلمية والتقنية ـ نذكر مثلاً الترجمة البرتغالية لكتاب لاكروا : « متممات الجبر » (ريو دي جنيرو 1813) . وبنفس الحقبة نشر ف . ميلوفرنكو F.de Mello Franco 3 مطولات مهمة جداً حول الحميات التي تجتاح ريو دي جنيرو وحول علم الصحة وحول فن رعاية النسل .

ودخلت البرازيل بعد هذا في حلقة العلم العالمي . ولكنها عندما اصبحت دولة مستقلة كان عليها أن تعمل الكثير لسد النقص المتراكم عبر ثلاثة قرون

IV ـ أميركا الفرنسية

في القرن 17 و18 ، شكلت وزارة البحرية ، المسؤولة عن فرنسا الجديدة ، مركزاً للتوسع الاستعماري والاقتصادي والعلمي . وكان هذا المركز يتمحور حول برنامج معقد : الابحار البحري أو المحيطي ، العناية بالمدن الثغورية والعناية بالشبكة الهيدروغراغية ، رعاية الحيّز الفرنسي في أميركا .

ومع الاخذ بالاعتبار مجمل العلاقات بين أوروبا وأميركا ، يضع تحليل ترابط مختلف مكونات الثقافة الفرنسية في تلك الحقبة تحت الضوء أهمية وزارة البحرية بالنسبة الى المستعمرات . وبالفعل كانت هذه الوزارة عامل حضارة . فقد ساهمت في حركة الهجرة نحو أميركا ؛ وشجعت البحث العلمي والتبادل الثقافي والاقتصادي في عالم الاطلسي . ونشأت المستعمرات من الحاجة الى المنتوجات التي تطلبها الدول الام . وانطلقت هذه المستعمرات على أساس توسع التجارة الاطلسية .

واحدث ارتفاع الطاقة العلمية ردة فعل تسلسلية أصابت كل مناحي الحضارة . وادى هذا الصعود الى استحداث مواقف فكرية جديدة والى تذوق الدقة .

وتم استلحاق الجهاز البشري اللازم للبحوث في مجالات الهيدروغرافيا وعلم الفلك الابحاري وعلم الخرائط عن طريق وزارة البحرية حيث كان يتدرب الحكام والولاة الذين كان الملك يسميهم لفرنسا الجديدة .

وكان الأمناء العامون التابعون للبحرية أمثال جان باتيست كولبر Jean-Baptiste Colbert ، ولويس فليبو Louis de Phélypeaux ، كونت بونتشار تران ، وجان فردريك فليبو Jean Frédéric Pélypeaux ، كونت موررباس Maurepas ، وبونشارتران Pontchartrain ، وانطوان لويس رويا Antoine Louis Rouillé كونت جوي وكلهم من المتحمسين المتنورين للعلم الفرنسي ، فأعطوا لممثلي الملك في كندا تعليمات تتعلق برصد ومراقبة الأحداث الداخلة في التاريخ الطبيعي . وقبل لافوازيه أسس ولاة فرنسا الجديدة ، مزارع حقيقة تجريبية ، منها مزارع جان تالون Jean Talon وجيل هوكار Gilles Hocquart . ويعتبر الاستقصاء الديموغرافي للوالي تالون من أوائل الأعمال الحديثة في هذا المجال . وبتأثير وتشجيع من تالون Talon ، اطلع س. ف. دومون سانلوسون S.F. Daumont de Saint Lusson ول. جولي L. Jolliet استاذ علم الخرائط المائية في كلية كيبك ، وب. ماركيت P. Marquette ، وب. د. سان سيمون P.D. Saint-Simon ، وب. البانيل P.Albanel ، كلهم عرفوا الواقع الجغرافي للقارة الاميركية الشمالية .

وبرزت في تقاريرهم الى الاكاديمية الملكية للعلوم هذه الوقائع فصورت أمام وزارة البحرية وأمام بستان الملك ، وضمت الى أميركا الفرنسية مركز بحوث دولة حديثة . ودعماً لهذا الموضوع ذي الطبيعة العامة ، يجب أن نذكر ، مع اشياء اخرى الانجاز العلمي الذي حققه هـ . ل . دوهامل مونسو H.L. Duhamel du Monceau بصفته مفتشاً للبحرية ، وانعكاس هذا الانجاز على كندا . كما تجب الاشارة الى الحملات الجغرافية بقيادة روبر كافليه دي لاسال ولويس هانيبي ، وغولتيه دي لافيرندري . والخرائط الهيدروغرافية الملكية لكندا التي وضعها ج . ب . ل . فرانكلين J.B.L. Franquelin ، وكذلك المراسلات المتبادلة بين الباحثين في فرنسا الجديدة والباحثين في أوروبا وخاصة تورنفور وريومور وجوسيو وبوغر Tournefort , Réaumur, Jussieu, Bouger وبوفون Buffon والسويدي ب. كالم P. Kalm تلميذ ليني .

وسندا لماري فيكتورين Marie Victorin مؤلف كتاب النباتات اللورنتية قد يكون الوصف الدقيق لكثيب بريون Brionفي جزائر الماديلين من قبل جاك كارتيه Jacques Cartier،وقد حرر في القرن الـ 20 . وتضمنت روايات رحلات شمبلين وليسكاربو وساغار ، ورسائل المبشرين ، المعروفة تحت اسم « رسائل اليسوعيين » ، معلومات ثمينة تتعلق بنباتات شمال أميركا ، وساهم بستان الملك في حركة نشر المعارف العلمية المجموعة في أميركا : وشجع ج .ك.. فاغون G.C.Fagon زراعة النباتات الاستعمارية كما شجع الاستقصاءات التي قام بها ب . بلوميه P.Plumier في جزر الانتيل واستقصاءات ب . فوييه في أميركا الجنوبية . أما السراسيني وهي تحفة السافانا الكندية ، بحسب تعبير ماري فيكتورين ، فمدينة بأسمها الى ميشال سارازين Michel Sarrazin ، مراسل

تورنفور Tournefort وريومور Réaumur . أما النباتات التي دونها سارازين Sarrazin وج . ف . غولتيه J.F.Gaulthier فقد حللها ج . روسو J. Rousseau .

وفي النصف الاول من القرن 18 ساهمت لويزيانا ايضاً في ادخال نباتات أميركية الى فرنسا والرسائل التي أرسلها جان برات Jean Prat من أورليان الجديدة الى برنار جوسيو في بستان الملك ، ما تزال محفوظة في المتحف الوطني للتاريخ الطبيعي .

إن هذه الرسائل فضلاً عن أنها تصف الظروف الاقتصادية الاجتماعية في لويزيانا بخلال السنوات 1735-1746 فهي تكشف عن العلاقات التي كانت قائمة بين هذه المستعمرة والوزير مورباس Maurepas . وعلم النبات الذي يشكل الموضوع المسيطر في هذه الرسائل بين برات وجوسيو، كان يحبذ التبادل بين فرنسا الجديدة وعلماء الوطن الفرنسي الام . لقد حلل ب . جوسيو وب . بوغر كتاب دوهامل دي مونسو حول الاشجار والشجيرات ؛ وتضمن هذا الكتاب إشارات عدة الى نباتات أميركا . وبفضل البحرية ، يَسَّرَ العمل الفرنسي الكندي ، مؤالفة الاشجار من أصل مناطق سان لوران ، والجزيرة الملكية المسماة اليوم جزيرة كاب بريتون ، ولويزيانا ، في بستان الملك .

بالإضافة الى خارطة فيليب بواش Philippe Buache ارتكز الوصف المعدني لكندا ، من قبل ج . ي . غيتار على بحوث رولان ميشال باران دي لاغاليسونيار حاكم فرنسا الجديدة وبحوث جان فرنسوا غولتيه طبيب الملك وعالم نباتي . وفي كتاب « تاريخ الاكاديمية الملكية للعلوم »شدد غيتار على المساهمة الكندية في انجازه العلمي . وسنداً لـ د . ج . ستروك D.J.Struik لقد استبق ، في دراسته المقارنة لجيولوجيا كندا وسويسرا ، نظرية التجمدات التي طورت فيما بعد . وأعطى تقدم العلم البحري الفرنسي ثماره في كندا : فالمهندس ليفاسور Levasseur نفذ في معمل كيبك مبادىء الرياضيات التي وضعها ب . بوغر P.Bouguer حول بناء السفن والنظرية حول مناورتها . وقد اخذ بوغر بالملاحظات الفلكية التي وضعها م . شارتييه دي لوتبينيار M.Chartier de Lotbinière . كما عرف ايضاً أعمال ب . ج . دي بونكمب P.P.J. de Bonnécamps استاذ الهيدروغرافيا في كلية كيبك ويعود الفضل الى غاليسونيار Galissonière وكان يومئذٍ مدير مستودع الخرائط والتصاميم في البحرية ، الفضل باعداد البعثة الهيدروغرافية بإدارة ج . ب . شابرت دي كوغولين J.B. Chabert de Cogolin الى كندا سنة (1750-1751) . ونورت هذه البعثة دور الوزير مورباس الذي كان يهتم بتصحيح الخرائط البحرية في عصره . وكان الهدف بالضبط تعديل خارطات شواطىء أكاديا والجزيرة الملكية وجزيرة الارض الجديدة ، ثم تثبيت النقاط الرئيسية بالملاحظات الفلكية . ونشر شابرت في باريس تقريره عن رحلته سنة 1753 .

وبفضل مساعدة شارتييه دي لوتبينيار Chartier de Lotbinière ، ومساعدة ب . بونكمب P. Bonnécamps ، وج . ف . غولتيه J.F. Gaulthier حاكم فرنسا الجديدة، كان غاليسونيير في مركز الاهتمامات العلمية في الحيّز الفرنسي في أميركا ، والمرتكزة على إهتمامات وزارة البحرية ، وبستان الملك والاكاديمية الملكية للعلوم . وبحسب تعليمات مورباس، استضاف غاليسونيار Galissonière في

كندا العالم النباتي السويدي ب . كالم . وتضمنت رواية كالم عن الرحلة معلومات مفيدة تتعلق بالمظهر الاجتماعي الثقافي لكندا وأيضاً عن الحياة العلمية التي كان يحفزها غاليسونيار وغولتيه وتدل التقارير التي تضمنتها كتب الرحلة الموجودة في السفن الملكية التي كانت تبحر بين فرنسا وفرنسا الجديدة في القرن 17 والقرن 18 ، وكذلك المراسلات المتبادلة بين وزارة البحرية والحكومة الاستعمارية ، على الروابط التي كانت تجمع عبر الاطلسي ، بين فرنسا وحيّزها في أميركا الشمالية .

وتشكل المصادر الضخمة المخطوطة ، والتي أودعت حديثاً في الولايات المتحدة[1] . مجموعاً مستندياً غنياً جداً ، يستخدم كأساس ، بمساعدة من « مجلس الفنون في كندا » ، لوضع دراسات جديدة حول النشاط العلمي في « فرنسا الجديدة » ، كقسم إداري من وزارة البحرية الفرنسية .

وفي مجال الهيدروغرافيا ، وعلم النبات وعلم المناجم ، وعلم الفلك البحري ، تتسجل كندا أو فرنسا الجديدة في القرنين 17 و18 ، ضمن الحركة الفرنسية لتنمية ولنشر المعارف العلمية . وقد بيّن كتاب جون و . ربس John W. Reps تكون أميركا المدينية The making of urban America (برنستون 1965) بأن نماذج كيبك ومونريال ، وأورليان الجديدة ، قد لعبت دوراً مهماً في التنظيم المديني في أميركا الشمالية ، في الحقبة الاستعمارية . ومسألة النشاط العلمي في فرنسا الجديدة ، وعلاقات الباحثين في كندا مع الباحثين الاوروبيين ، تقع في آفاق أميركا الفرنسية التي كانت تشكل حقاً قسماً متكاملاً مع فرنسا حتى سنة 1760 .

V ـ أميركا الشمالية البريطانية

إذا اعتبرنا تطور العلم الاميركي قبل تأسيس جمهورية الولايات المتحدة ، لا يسعنا إلا أن نتأثر بوجود حتى مثل هذا النشاط العلمي . ويمكن الظن بأن الضرورات الملحة في بلد جديد ، وحاجاته الى التفصيل والى التصغير ـ بناء المدن ، قطع الغابات وخلق الاراضي القابلة للزراعة ، الصراع ضد الهنود الحمر والحروب الاوروبية ، نقل الحدود نحو الغرب ، والحاجة الملحة للحصول على المواد اللازمة للحياة ـ جعلت اعتبار البحث العلمي ابهة لا يمكن الوصول اليها . ومع ذلك ، في القرن 17 و18 ، كان الانجذاب الى العلم قوياً الى حدٍ حمل على انشاء جمعيات علمية في مستعمرات أميركا ، والى حد القيام بمختلف البحوث العلمية وإن العالم الجديد قدم مساعدات من الطراز الاول

الأوصاف الأولى للحيوان والنبات ـ إننا نجد بداية مناسبة لدراستنا في الارساء ، في 17 آب

---

(1) مؤسسة موررباس Maurepas : جامعة كورنل ، وجامعة أوهيو الحكومية ، وجامعة روتشستر ، ثم متحف لابون ونترثر ، ديلاور ؛ مؤسسة هنري لويس دوهامل دي مونسو Henri Louis Duhamel du Monceau : الجمعية الفلسفية الأميركية ؛ مؤسسة انطوان لويس بوغنفيل Antoine – Louis : مكتبة دوتريت العامة

1585 ، في ونغانداكو، فيرجينيا (اليوم كارولين الشمالية) لتوماس هاريو Thomas Harriot وهـو أوّل انكليزي استكشف ووصف الخصائص الطبيعية لاميركا الشمالية

كان هاريو Harriot معروفاً كجبري أكثر منه عـالماً طبيعيـاً ، وأرسل الى فيـرجينيا كمسـاح ، وملاحق ومؤرخ رسمي ، وبقي فيها قرابة سنة ، وعاد الى انكلترا في تموز 1586 . واذن فقد تضمنت أول مجموعة حاولت أن تقيم مستوطنة بريطانية في أميركا مراقباً علمياً متميزاً

وعند عودته الى انكلترا ، نشر هاريو «تقريراً موجزا وحقيقياً عن الارض الجديدة : فيرجينيا » (48 ص قطع ربعي ، لندن 1588) . وهذا المجلد أعيدت طباعته سنة 1590مع رسومات مستوحاة من ملونات جميلة رسمها رفيق هـاريو اسمـه جون وايت John White . ومـا يزال هـذا الكتاب حتى اليوم يؤثر بصدقه وصحته غير المصطنعة

من ذلك أن هاريو قد صرح بأنه عرف اسماء 28 حيـواناً ، ولكنه لم يـر شخصياً إلا 12 . أمـا وصفه للايليـات (مجموعـة الايائـل) الأميركيـة فلم يُعْلَ عليـه طيلة قرنـين . وقد عـرف هاريـو أسماء 86 طائراً، كما حصل بواسطة وايت على رسوم لـ 17 نوعاً أرضياً و8 أنواع مائيـة . وبفضله عرف الأوروبيون العديد من الأشجار والشجيرات وغيرها من النباتات والأسماك والصدفيات . ونقل الى أوروبا نباتات التبغ والبطاطا ، وربما كان أول مدخن معروف مات بسرطان الرئة .

وبعد هاريو جاء رجال آخرون اكفياء تركـوا لنا لموصـافاً دقيقـة للمنطقـة ، وللحيوان والنبـات الموجودين فيها . وصل الكابتن جون سميث John Smith الى جامستون سنة 1606فكتب « وصف لانكلترا الجديدة » (لندن 1616) وقد اعطى هذه المنطقة اسمها الحالي ، ووصف لاول مرة العديد من الثدييات (ومن بينها الايل) والاسماك والقواقع وازهاراً وطيوراً واشجاراً . ونذكر ايضاً « مشاهد عن نيو انكلند» لوليم وود William Wood (لندن 1634) ، نيو انكلش كانآن لتوماس مارتون Thomas Morton » (امستردام 1637) . وفي أواخر القرن ، أتاحت غزارة الادب لجون جوسلين John Jos-selyn أن ينشر كتاباً تركيبياً استخلاصياً « نوادر نيو انكلند المكتشفة : الطيور ، الحيوان ، الاسماك الافاعي والنبات في هذه المنطقة». ولكن الاوصاف الجيدة والدقيقة والصحيحة أمثال أوصاف هـاريو وسميث ، زالت لتحل محلها لغة مزوقة وحكايات غير مراقبة . وليس من السهل جداً التمييز بين ما جمعه جوسلين ودمجه واخترعه . كتب يقول : « إن الشعير يتحول عادة الى شوفان » مطبقاً بالتالي على العالم الجديد هوايات « التاريخ الطبيعي » لبلين Pline . ولماذا قبل الاوروبيون بهذه الاباطيل ؟ ربمـا لان العالم الجديد كان بعيداً جداً ، فبدا لهم أن كل شيء ممكن في هذه المملكة الأجنبية .

انجازات علماء النبات الاميركيين في القرن 18 ـ في مطلع القـرن 18 رأت أميركـا صعود نشاط قوي في مجال علم النبات ، فالى جانب الاهتمام الدائم الذي تقدمه منطقة ذات نباتات مجهولة ومفيدة ، كان هناك الطلب الاتي من انكلترا على النباتات الجديدة ، التي من شـأنها أن تقدم منفعـة طبية . لقد كانت الزراعة في تلك الحقبة النشاط البريطاني الرئيسي وكانت هذه البـلاد مسرحـاً لقيام

بساتين مرتبة ومدروسة بحسب النمط الهولندي وبحسب التنظيم المنظري للممتلكات

وقدم علماء الطبيعة الاميركيون النبتات المفيدة والمطلوبة . ولكن هؤلاء النباتيين لم يكونوا مجرد جامعيين للنباتات، بل درسوا تشريح النبات (وخاصة الزهرة) وتخيلوا بعض التجارب المهمة في مجال الفيزيولوجيا . وكان الانجاز الكبير الاول والعلمي في العالم الجديد ، سلسلة من التجارب حول التهجين Hybridations النباتي الاصطناعي أو المراقب . وأهمية إنتاج هذه المدجنات ناتجة عن علاقاتها بنظرية الجنسانية النباتية ، التي كانت تبحث تبعاً لافكار قدمها نهمياه غرو للجمعية الملكية سنة 1676 . وذكر كوتون ماثر Cotton Mather عضو الجمعية الملكية ، التجارب الاولى حول التدجين النباتي في كتاب ارسله من بوسطن في 24 ايلول 1716 الى جامس بتيفر James Petiver وفيه يصف بوضوح إنتاج « مدجنات زي مايا » و« كوكوبيتا بيبو » ولاحظ « عمليّة تنظيم الخلايا » التي تقترن به ، وكذلك ظهور السيطرة . وأدخلت مادة هذا الكتاب في فصل « في النباتات » من كتاب ماثر المعنون « الفيلسوف المسيحي » (لندن 1720) ، أول كتاب جامع حول العلوم ، مع إضافة «تعديلات ذات استلهام ديني

وقد كتب هذا المؤلف في أميركا البريطانية . وتكلم ماثر الذي كان يأخذ بنظرية غرو Grew حول جنسانية النباتات ذات الزهر ، عن « قلم السمة » (المسمى آتيور من قبل الدكتور غرو) وفيه نوع من المني الذكري من اجل تخصيب البدرة . وبعد ذلك بقليل ، اكتشف بول دودلي Paul Dudley ، النائب العام في مستوطنة ماساشوست ، إمكانية تدجين الذرة . ووصف هذه الظاهرة بشكل قريب جداً من وصف ماثر في مقال بعنوان « ملاحظات حول بعض نباتات نيو انكلند ، مع التركيز على طبيعة النبات وقدرته (المعاملات الفلسفية 1724) . وقد اثرت هذه المقالة بجمهور واسع جداً ، واتخذت أساساً لمقالتين اخريين « التوالد » و« الذرة أو القمح الهندي » ـ في قاموس الجنيناتي لميلر Miller . وقد طبع هذا القاموس عدة مرات في انكلترا وترجم الى الالمانية .

وهناك تجارب اخرى ، أكثر أهمية ايضاً ، نفذت في فيلادلفيا ، من قبل جمس لوغان James Logan ، الذي جاء الى بنسلفانيا سنة 1699 كسكرتير لوليم بن William Penn . وكرس هذا العالم الهاوي قسماً كبيراً من وقته للرياضيات ، والفيزياء وعلم الفلك ، وحاول حتى أن يؤسس علماً اخلاقياً على الفيزياء الرياضية . وتضمنت مكتبته العلمية ، وهي الاجمل في أميركا ، بشكل خاص الطبعات الثلاث لـ « مبادىء » نيوتن ، وكتب ارخميدس واقليدس وبطليموس ، وغاليليه وكبلر ، وهويجن وفلامستيد وهفيليوس ، وجيلبرت وهارفي وليونهوك ومالبيجي ، وليني وغرو وبورهاف وسيدنهام وبويل وهوك الخ . وقد أعار لوغان هذه المؤلفات لاشخاص عديدين ، ومنهم بنجامان فرانكلين وجون برترام . واخترع احد المقربين اليه ، توماس غودفري Thomas Godfrey ، سنة 1703-1731 نوعاً من الساعات البحرية ، شبيهة جداً بالساعة التي صنعت في انكلترا من قبل جون هادلي ، والتي وصفت قبل ذلك بعام أمام الجمعية الملكية . ولما كان غودفري مخترعاً معزولاً ، فإنه لم يقطف ابداً المجد الذي تستحقه أعماله .

وخلافاً لآماله ، اذا كانت منشورات لوغان حول البصريات لم تثر الانتباه كثيراً ، فمن المعلوم أن تجاربه حول نزع العرانيس المذكرة من نبتات الذرة قد أتاحت له درس توالدها بشكل اكثر احاطة مما تيسر حتى ذلك الحين . وقد جلبت له رسالة نشرها حول هذا الموضوع سنة 1736 في « المعاملات الفلسفية » المديح من قبل ليني . وقدم عرضاً أكثر كمالاً في « تجارب . . . . حول توالد النبات » نشر في ليد سنة 1738 تحت رعاية غرونوفيوس Gronovius ، ووصل هذا الكتاب الى جمهور كبير ، وأثار تعليقات عديدة منها تعليق لليني . وبرزت أهمية هذا الكتاب ، خاصةً وإن نظام التصنيف عند ليني يرتكز على تحليل الاعضاء التناسلية عند النباتات وهكذا أثبتت تجارب ماتر ودودلي ولوغان ، زيادة على أهميتها البالغة . في دراسة توالد النباتات ، متانة النظام الجديد للتصنيف . ومن الملاحظ أن السهولة التي أمكنت بواسطتها السيطرة على توالد الذرة أو « القمح الهندي » جعلت منها نبتة مختارة لدراسة علم الولادة . وقد استعمل اثنان من أصل ثلاثة علماء أعادوا اكتشاف أعمال مندل ، في بداية القرن العشرين الذرة كنبتة تجربة ، وذلك بالغاء النبتات المذكرة ، وفقاً للطريقة التي ادخلها لوغان

ومن بين علماء النبات الآخرين الاميركيين في القرن 18 ، يذكر جون كليتون John Clayton الذي نشر كتابه فلورا فيرجينيا في ليد سنة 1739 من قبل غرنوفيوس Gronoviusيساعده الشاب ليني . ودرس مارك كاتسبي Mark Catesby النباتات كما درس أيضاً الطيور والحيوانات وقد وصفها وعرضها بشكل فخم في كتابه الرائع « التاريخ الطبيعي لكارولينا وفلوريدا وجزر الباهاما» (لندن 1754-1771) . وكان جمع النباتات صعباً في أغلب الاحيان . من هذا ان جون ميتشل - John Mitchell صديق فرنكلين وليني ، الذي توطن في فيرجينيا سنة 1700والذي عرف خاصة بـ « خارطة الممتلكات البريطانية والفرنسية في أميركا الشمالية»(لندن 1755)،وهو يعتبر بداية علم الخرائط العلمية في أميركا الشمالية - خسر أثناء عودته الى انكلترا سنة 1746 ، المجموعة الغنية من النباتات التي جمعها .

كتب الى ليني يقول : « كم كنت سعيداً ان ارسل لك بعض النبتات ، لو أنها لم تهلك ، بفعل القراصنة ، وليس اقل من ذلك ما لحق بها من ضرر بفعل السفر في البحر ، بحيث انني لم يبق لي الا زهرة واحدة سالمة ، من اصل الف نموذج » .

واشتكى ليني بدوره عبر رسالة الى هالر :

«وكل النبتات التي ارسلت لي من نيويورك وقعت بين ايدي الاسبان ، وكذلك تلك التي جمعها الدكتور ميتشل منذ العديد من السنوات في فيرجينيا ، وهو نفسه عائد الى انكلترا ، إنما بحالة اليأس لقد خسرت في نفس السفينة العديد من النماذج والعديد من الاوصاف أرسلها الحاكم كولدن من نيويورك » .

وكان كادوالادر Cadwallader طبيباً اسكتلندياً وصل الى أميركا سنة 1718 ثم أصبح ناظراً عاماً (مديراً لمصالح المساحة) وضابطاً حاكماً لنيويورك .

وساعدته ابنته جان Jane ، وهي أول امرأة نباتية في العالم الجديد ، في جمع النباتات وتصنيفها

وفقاً لمنهج ليني . ونشر غولدن كتاباً حول الهنود الحمر وكتابا عنوانه « تفسير الاسباب الاولى للعمل في المادة ، وسبب الجاذبية الكونية» (نيويورك 1743 ، ترجمة فرنسية بقلم د. كاستل D.Castel باريس 1751 . وكان نباتي آخر أميركي هو الدكتور اسكندر غاردن Alexander Garden ، من شارلستون (كارولينا الجنوبية) ، صديقاً لليني الذي اهدى اليه اسم نبتة هي الغاردينيا. وكان جون برترام، وقد سماه ليني « اعظم عالم نباتي طبيعي » حي ، رجلاً عصامياً، وكان مزارعاً ثم اصبح رجل علم وكانت شهرته كبيرة لدرجة أن الهدايا والتكريم تدفقت عليه من العالم اجمع . وقدم برترام نباتات الى ليني والى جامعين بريطانيين ، وبصورة غير مباشرة ، الى بستان النبات في باريس . وبعد أن يئس برترام من جراء الخسائر المحيقة عندما قام الفرنسيون والاسبان بالاستيلاء على مراكب تحمل نباتات الى انكلترا ، خطرت له فكرة ارسال صناديقه « في حالة الاسر » الى داليبار Dalibard والى بوفون Buffon او جوسيو Jussieu في باريس . وقد شجعه على ذلك فرانكلين ولوغان فاكتشف وقدم نباتات أميركية الى كل من فرنسا وانكلترا أكثر من أي مستكشف آخر معاصر ، ولد في هذين البلدين . فضلاً عن ذلك ، قام هو ايضاً بدراسات حول الجنسانية النباتية وحول التهجين النباتي .

وإذن كانت دراسة علم النبات ناشطة جداً في أميركا البريطانية : وكان هذا النشاط هو أكثر من جمع الاغراس اذ كان يتضمن تجارب ذات قيمة كبيرة حول توالد هذه الاغراس . وربما كان علم الحيوان اقل ازدهاراً . ولهذا السبب ربما استطاع رجال من أمثال بوفون والاباتي رينال ان يقدموا بيسر بالغ النظرية القائلة بأن الحيوانات المنقولة من العالم القديم الى العالم الجديد « تتراجع » وتصبح صغيرة وضامرة . ونعثر على شكل مسرف لهذه النظرية عند الشاعر البريطاني غولد سميث الذي يزعم أن الطيور الصداحة « المتقهقرة » في أميركا لا تغني . وحمل انتشار هذه النظرية توماس جيفرسن Thomas Jefferson على تكليف بعثة لأسر ظبي ضخم ثم ارساله الى باريس ، حتى يثبت أن أميركا تنتج حيوانات طبيعية أكبر من الحيوانات التي يمكن أن يعثر عليها في أوروبا . ولا شك أن كل القسم البيولوجي في « مذكرات حول فيرجينيا » لجيفرسون تعكس اهتماماً مماثلاً .

الطب ـ قدمت أميركا الشمالية في المجال الطبي مساهمة رئيسية . في سنة 1721 ، وخلال وباء الجدري في بوسطن، ساهم كوتون ماثر في ادخال عملية التطعيم ، التي سبق وعرضت في العديد من النشرات العلمية ، كما كانت تطبق في الصين وتركيا ، والتي سمع ايضاً ماثر وآخرون بأوصافها على لسان عبيد افريقيا . وبشجاعة رائعة ، قاوم ماثر المعارضة القوية لدى بعض الاطباء ولدى قسم كبير من السكان ، ودافع عن هذا الاجراء الجديد واستطاع أن يقنع طبيباً في المدينة ، زاديال بويلستون Zadiel Boylston ، بأهمية التطعيم . وكان اعضاء عائلة ماثر من بين الاوائل الذين تلقوا هذا العلاج . هذه التجربة في بوسطن قدمت أول مجال لتجريب عملية التطعيم ضمن ظروف مراقبة . فضلاً عن ذلك قدم التقرير الاحصائي الذي نشره ماثر وبويلستون Boylston واحداً من الأمثلة الأولى التاريخية في التحليل الكمي لمسألة طبية . فقد افترض بويلستون Boylston ، تماماً أن هذه العملية الجديدة تنجح أو تنهار بحسب حساب احتمالات الوفيات التي يسبّبها النوعان من التلوث أو

العدوى . التلوث الطبيعي بالجُدَري الملتقط بشكل عادي والعدوى المصطنعة المثارة يفعل تلقيح المريض بالقيح الآتي من مريض مصاب بشكل طفيف . وكانت الاحصاءات مقنعة للغاية حتى أن عملية التلقيح أصبحت شائعة الاستعمال حتى استبداها بالتلقيح بالعضل .

ورغم أننا لا نجد في المجال الطبي مثلاً آخر بمثل هذه الاهمية ، فقد كان هناك أيضاً باحثون آخرون في هذا المجال . من ذلك ان جون لينغ John Lining من شارلستون (كارولينا الجنوبية) الذي قام بدراساته الطبية في أدنبره ، ارسل الى انكلترا أول وصف دقيق صادر عن العالم الجديد لدلائل الحمى الصفراء . وقدمت دراساته الارصادية الجوية معلومات ثمينة ، ولكن أعماله الافضل تناولت الايض البشري ، وبصورة خاصة العلاقة بين الامراض الوبائية والظروف الجوية . وكان يدون يومياً وزن ما يخرج منه ووزن الاطعمة التي يتناولها فقدر العرق نتيجة تغير الاوزان في ثيابه . وربط هذه النتائج اليومية بحرارة الجو وبالمدة الزمنية الحاصلة .

الاهتمام بالعلم - إن قراءة المواعظ الدينية الملقاة عبر القرنين 17 و 18 في أميركا ، وبصورة خاصة في انكلترا الجديدة ، يتيح استخلاص تقدير صحيح للعلم في ذلك الزمن فلم يكتف الوعاظ فقط والناس ايضاً في ذلك الحين بعدم اعتبار العلم عدواً للوحي المنزل ، بل إن الوعاظ كانوا يرون أن الطبيعة تقدم شهادتها لتسند تعاليم الكتابات المقدسة ، إن كلام الله موجود في الكواكب وفي النباتات وفي الاحجار كما هو موجود في الكتاب المقدس . وهناك مثل ذو دلالة على هذا الرأي ، ظهر في كتيب سنة 1726 ، موجه لطلاب الرعوية . وقد ورد فيه ان الفلسفة التجريبية ضرورية جداً لتثقيف الواعظ كما هي ضرورية جداً للاشخاص الآخرين . في هذه الفلسفة التجريبية كان المرشد هو سير اسحاق نيوتن الذي لا مثيل له .

وادخل العلم الجديد - علم غاليليه وبويل وهوك ونيوتن - في التعليم الاميركي على يد شارل مورتون Charles Morton الذي فتح في حوالى 1675 ، في نيوغتون غرين ، في ضاحية لندن اكاديمية اعتبرت أفضل المدارس في نظر « المنشقين » الذين منع عليهم قانون الريازة Bill du test ان يتقدموا الى الامتحانات في اوكسفورد أو في كمبريدج .

وعندما وصل مورتون الى أميركا سنة 1688 ، كان على اطلاع بالاعمال الاخيرة العلمية الانكليزية ، وجلب معه مخطوطة اسمها كومبنديوم فيزيكا ، استخدمت طيلة عقود عدة كأساس للتعليم العلمي المقدم في كلية هارفرد (التي اسست سنة 1636) ، ثم في كلية يال (التي أسست سنة 1701) . وفيما بعد فقد التعليم الجامعي الاميركي كثيراً من لونه المدرسي أو الوسيطي . وفي سنة 1737 ظهر الاهتمام بالعلم بتأسيس كرسي للعلوم في هارفرد بناءً على هبة : « هو ليس برفسور شيب أوف متماتيكس . . . » وهو الكرسي الثاني الدائم من حيث الاقدمية في العالم الجديد .

علم الفلك - بعد 1659 عُلِمَ علم الفلك الكوبرنيكي في هارفرد ، وهو حدث لايكاد يثير العجب أكثر من حدث تأسيس كلية في بلد متوحش ، بعد أقل من 20 سنة من مجيء المستعمرين

الاولين . وفي سنة 1672 قدم الحاكم جون ونثروب John Winthrop أول ناظور كوكبي الى هارفرد ، وكان هذا الحاكم يعتقد مخطئاً أنه اكتشف بواسطة هذه الآلة تابعاً خامساً للمشتري .وهذا الناظور استخدم من قبل توماس براتل Thomas Brattle الذي مدحت ارصاده لمذنب 1680 الكبير من قبل نيوتن في كتابه « المبادىء »

وعدا عن رصد المذنب 1680 تعتبر من الاحداث الرئيسية التي تستحق الذكر في مجال علم الفلك هي البعثات المنظمة لرصد مرور الزهرة والكسوفات. وانذر فرانكلين مواطنيه بمناسبة مرور عطارد سنة 1753 . ولكن الشخص الوحيد الذي كان مزوداً بآلة قادرة والذي التقى ظروفاً رصدية جوية ملائمة ، في جزر الانتيل ، لم يقم الا بارصاد تافهة وفي سنة 1761 رئس البروفسور جون ونثروب من هارفرد ، والذي كان أول مقال علمي له حول مرور عطارد سنة 1740 ، أول بعثة علمية أميركية كانت ترعاها كلية ، وانتقل من كمبردج الى الأرض الجديدة لكي يرصد مرور الزهرة . ونقله مركب المنطقة مع معاونيه من الطلاب ، وكذلك النواظير وساعات الكلية . وعند مرور الزهرة سنة 1769 ، كانت الارصاد الرئيسية من صنع وليم سميث ودافيدريتنهاوس David Rittenhouse ، من فيلادلفيا .

وكان الحدث الاكثر ضجيجاً من هذا النوع بعثة ترعاها سنة 1780 كلية هارفردو والاكاديمية الاميركية للفنون والعلوم في بوسطن . هاتان المؤسستان ارسلتا البروفسور صموئيل وليم Samuel Williams من هارفرد ليرصد كسوفاً كاملاً للشمس في خليج بينوبسكوت . وكانت أميركا وانكلترا يومئذٍ في حالة حرب ، والكسوف لا يمكن أن يرصد إلا في ارض يحتلها البريطانيون ، وكان لا بد من ايقاف العمليات العسكرية طيلة فترة الرصد . وعندها وضع العلم من جديد خارج المعركة فقدم فرانكلين جواز مرور للكابيتان كوك Cook عند عودته من رحلة استكشافية في بحار الجنوب اثناء حرب الاستقلال الاميركية .

تنظيم التعليم العلمي - في هارفرد وهي الكلية الاستعمارية الاميركية الوحيدة في القرن 17 (اسست سنة 1636) وضعت منذ 1672 وبأيام عمادة الرئيس ليونار هور Leonard Hoar مشاريع لتأسيس بستان نباتي ، ومعمل للميكانيك ومختبر للكيمياء ، يستعمله الفلاسفة الذين يبغون تثقيف فكرهم عن طريق الحواس . ولو ان هذه المشاريع قد ادت الى نتيجة لكانت أميركا امتلكت أول مختبر كيميائي للطلاب في العالم كله . وبعد مجيء مورتون Morton دخل العلم الحديث في التعليم . وعند تعينه في سنة 1727 أول صاحب كرسي لمنبر هو ليس تلقى مورتون مجموعة ثمينة من الاجهزة العلمية التي تمكن الطلاب من اجراء التجارب والقيام بالارصاد ، وكانت هذه المجموعة تستكمل وتتمم وظلت كذلك طيلة القرن . وفي يال ، التي انشئت بصورة قانونية سنة 1701 برز الميل منذ البداية نحو العلم . فكانوا يشترون ويصنعون المعدات العلمية . وفي سنة 1714 اغتنت المكتبة باهبات من كتب قدمها مختلف العلماء الانكليز ومنهم نيوتن وهالي . أما كلية وليم وماري William, Mary التي تأسست سنة 1693 فلم تبدأ في التعليم الجامعي إلا سنة 1710 . وكما الحال في برنستون (اسست سنة

1746) وكولمبيا (اسست سنة 1754) ، تضمن برنامج الدراسة في « وليم وماري » العلوم؛ وتدل الكتب وكذلك المعدات على أهمية هذا النظام . أما جامعة بنسلفانيا ، التي أسسها فرانكلين (وكان توزيع الشهادات الرسمي الاول قد جرى سنة 1757) فقدمت ايضاً تعليماً علمياً . فضلاً عن ذلك افتتح التعليم الطبي الرسمي في أميركا الشمالية . نذكر ايضاً أنه في فيلادلفيا تأسس ، بعد ذلك بقليل ، مستشفى بنسلفانيا ، وهو أول مستشفى أميركي دائم . ونشير ايضاً أنه في الجامعات الاخرى التي أسست وعملت قبل 1775 ـ جامعة براون اعترفت بها الدولة سنة 1764 ، ودارموث Dart-mouth اعترف بها ككلية سنة 1769 ـ لم تكن العلوم مهملة ايضاً .

الجمعيات العلمية الاولى ـ كان الاهتمام بالعلوم قد برز ايضاً من خلال اجتماع الناس بغية ملاحقة اهداف علمية مشتركة . وكانت أول جمعية علمية في أميركا هي جمعية بوسطن الفلسفية التي أسست سنة 1683 على يد انكريز ماثر Increase Mather والد كوتون ماثر. ولكن وجودها كان سريع الزوال . وفي سنة 1727 اسس بنيامين فرانكلين « الاخوة » ، وهي جمعية سرية أخوية وخيرية ، من اجل تحسين أوضاع الاعضاء . وفي الاجتماعات كانوا يناقشون المسائل الاخلاقية والسياسية والفيزيائية . وفي سنة 1743 اقترح فرنكلن Franklinتأسيس جمعية ذات مدى أوسع وتأثير أكبر ، مكونة من رجال من مختلف المستوطنات يهتمون بالنشاط العلمي . فكانت الجمعية الفلسفية الاميركية . وفي سنة 1769 اتحدت هذه الجمعية مع جمعية اخرى انبثقت عن الاخوية « جنتو » واتخذت اسماً رسمياً بقي لها بعد ذلك هو الجمعية الفلسفية الاميركية المقامة في فيلادلفيا لتنشيط المعارف المفيدة . وكان أول مشروع قامت به الجمعية الجديدة هو رصد مرور الزهرة سنة 1769 . ولم يكن لهذه الجمعية من مزاحم حتى سنة 1780 ، حيث اسست الاكاديمية الاميركية للفنون والعلوم في بوسطن ، بتحفيز من جون ادامس John Adams الذي سمع في فرنسا مديحاً كثيراً بجمعية فيلادلفيا، فأراد في الحال تأسيس واحدة في بوسطن . وكان أول رئيس لها رجل علم هاوٍ ، هو الحاكم جيمس بودوين James Bowdoin . أما نشاطها الرسمي الأول ، فهو مساعدتها في تنظيم البعثة المرسلة بمناسبة الكسوف الكامل للشمس سنة 1780 والمذكور أعلاه .

بنجامين فرانكلين Benjamin Franklin ـ اهمية انتاجه العلمي ـ من بين النشاطات العلمية كلها في أميركا المستعمرة كانت أهمها بالنسبة الى كل العالم البحوث حول الكهرباء التي قام بها بنيامين فرنكلين ومساعدوه في السنوات التي سبقت 1750. اشتهر فرانكلين في أغلب الاحيان ، بتجربة هي تجربة الطائرة الورقية المكهربة . وكان فرانكلين أول أميركي انتخب كعضو اجنبي في الاكاديمية الملكية للعلوم في باريس (1773) . وهذا الشرف لم يمنح لاي أميركي آخر طيلة قرن من الزمن ، وذلك قبل أن ينتخب لويس اغاسيز Louis Agassiz نتيجة اعماله المنجزة في أوروبا قبل رحيله الى أميركا . وكان لا بد من انتظار حقبة ج . ويلار جيبس J. Willard Gibbs (1839-1903) حتى تنتج أميركا من جديد عالماً كان لاعماله في الفيزياء نفس أهمية أعمال فرانكلين، واعترف له بذلك أيضاً بشكل واسع . لقد نشر كتاب فرانكلين«تجارب وملاحظات حول الكهرباء ، اجريت في فيلادلفيا بأميركا » لاول مرة في

انكلترا سنة 1751 ونشرت ترجمته الفرنسية سنة 1752 . وطبع في حياة المؤلف 5مرات بالانكليزية و3 مرات بالفرنسية (ترجمتان مختلفتان) وطبعتان المانيتان وطبعة ايطالية . وطيلة 25 سنة ظل هذا الكتاب الاكثر قراءة حول هذا الموضوع . وكان تأثيره كبيراً حتى أن الذين اعتنقوا نظرية منافسه لنظرية فرانكلين، عبروا بنفس اللغة التي استعملها فرانكلين لأول مرة في الكهرباء : ايجابي أو زائد ، سلبي أو ناقص الخ .

وكانت تجارب فرانكلين لكي يبين الصفة الكهربائية في شحنة الصاعقة مشهوداً لها . ففي أول تجربة تصورها استخدم قضيباً عامودياً طويلاً معزولاً وحاد الرأس . وكان الطرف الأسفل من هذا القضيب مغروساً في كوخ صغير ، حيث كان المجرب ، جالساً على كرسي عازل ، ويستطيع أن يوصل بهذا القضيب خيطاً معدنياً متصلاً بالارض وممسوكاً بمسكة عازلة . وكان فرانكلين يعتقد بأنه من الضروري وضع الكوخ فوق نقطة عالية من بناية ، وانتظر من اجل هذا الانتهاء من بناء محل الجرس في كنيسة المسيح في فيلادلفيا . ولكن في سنة 1752 بين العالم الطبيعي الفرنسي داليبار Dalibard ، مترجم كتاب فرانكلين حول الكهرباء ، إن التجربة كانت تنجح حتى ولو وضع الكوخ على مستوى الارض . وتمت التجربة في 10 أيار سنة 1752في « مارلي لافيل » ، اثناء هبوب عاصفة ، وفي غياب داليبار ، على يد جندي قديم ، هو كوافيه Coiffier ، وخوري الضيعة رولي Raulet . وصرح داليبار Dalibard وهو يصف التجربة ونتائجها أمام اكاديمية العلوم في 13أيار سنة 1752 فقال : « عندما اتبعنا الطريق التي رسمها لنا فرانكلين حصلنا على قناعة كاملة » وجاءت نتائج مقنعة ايضاً تكافىء بعد ذلك بقليل بوفون وديلور ، ومونيه ونوليه Buffon, Delor, Le Monnier, Nollet في فرنسا ، وميلوس Mylus ولودولف Ludolf في ألمانيا وكانتون Canton وولسون Wilson في انكلترا ، وعلى ما يبدو وقبل أن يسمع بالكلام عن النجاح الفرنسي تصور فرانكلين في حزيران 1752 تجربة اخرى حول كهربة الغيوم وحول الطبيعة الكهربائية لتفريغ شحنة الصاعقة : هي تجربة الطائرة الورقية الشهيرة . وتقوم أهمية هذه التجارب على تبين أن الظاهرات الكهربائية لا تنتج فقط عن اختراع الانسان ولا عن تدخله في الطبيعة ، كما هو الحال في حك كرة صغيرة من الكبريت بخرقة من الحرير . بل إنها تحدث اي الظاهرات الكهربائية ايضاً بشكل عفوي في الطبيعة على الارض وفي الغيوم . وأيضاً وبعد هذه اللحظة يجب أن تدخل الفيزياء إذا كانت كاملة ، الظاهرات الكهربائية ضمنها وعلى نفس مستوى الظاهرات الميكانيكية والحرارية والبصرية والمغناطيسية أو السمعية . فضلاً عن ذلك وفي عصر الانوار هذا مال تحليل فرانكلين للصاعقة الى استبعاد المعتقد الوسواسي القائل بأن الصاعقة هي علامة غضب رباني . وأخيراً إن هذه المغامرة في مجال العلم الخالص تؤدي الى تطبيقات مهمة جداً هي الشاري ، وهو مصداق رأي باكون Bacon حول النتائج العملية لكل علم صحيح . وربما سنحت أول فرصة حصل فيها اختراع جديد عملي كنتيجة لبحث علمي مجرد كان هدفه الوحيد ارضاء الفضول العلمي ، والتقدم بالمعرفة .

واعتبر فرانكلين في عصره كواحد من رجال العلم من الدرجة الاولى ، لان نظريته أتاحت فعلاً استباق نتائج العمليات الجارية في المختبر بواسطة الاجهزة الكهربائية . وعندما بدأ تجاربه بين

1750-1740، كان كل المؤلفين تقريباً يشتكون من أن الظاهرات الكهربائية حكمت بالهوى والنزوة لا بقوانين العلم . واعتبر بوفون أن موضوع الكهرباء « . . . هو أبعد من أن يكون ناضجاً بما فيه الكفاية من أجل وضع نظام من القوانين له أو في الواقع وضع قانون أكيد بشأنه ثابت ومحدد في كل الظروف » .

ولكن بعد أعمال فرانكلين وصف ج . باربو ـ دوبورغ الوضع بهذه الكلمات « عندما ميز فرانكلين الكهرباء بأنها مرة ايجابية ومرة سلبية ، وعندما اعطى لكل منها مكانتها الصحيحة وسمتها الخاصة ، وذلك بمقدار ما تسمح به الحالة الحاضرة للمعارف الفيزيائية ، إنه بعمله هذا أشاع الضوء من قريب ومن بعيد ، ودل على الطريق التي يجب التزامها من اجل الحصول على اكتشافات جديدة ، وتقريبها من القديمة ثم توسيع حدود العلم ، وإيجاد منفعة محسوسة غير الكفاية والرضى العلميين . إنه يقول : افعل كذا وهذا ما يحصل : غيّر هذه الظروف وهذا ما ينتج عنه : وهكذا تستفيد من هذا الشيء : وفي هذا تتفادى هذا الازعاج . وتتبع المستندات يؤدي الى الوصول الى الشيء الذي أعلنه وبالشكل وبالترتيب المعلن . كل شيء يتجاوب مع نظرته في أوروبا وفي أميركا . وحتى الظاهرات السماوية ، كل شيء يدل على صلابة المبادىء التي جعلها تواضعه كفرضيات بسيطة فقط » .

ترتكز نظرية فرانكلين على بديهية مادة أو سائل كهربائي وحيد ، تتضمن كل الأجسام كمية «عادية» منه .

والتكهرب يحدث كل مرة تتلقى فيها هذه الكمية « العادية » زيادة أو نقصاً يحدث شحنة أكبر أو اقل .

ولكن المفاعيل الكهربائية تظهر أيضاً كل مرة يتغيّر فيها توزيع هذه المادة الكهربائية في جسم موصل . وبرأي فرانكلين تتألف المادة أو السائل الكهربائي من جزيئات تتدافع فيما بينها وتجتذب المادة القابلة للوزن كما تنجذب بجزيئاتها . هذه القواعد مكنته من تفسير دور الوضع على الارض ودور العزل في التجارب الكهربائية الثابتة وكذلك من تفسير المفاعيل الناتجة عن شكل الموصلات ، وعمل قنينة ليد Leyde (وهي أول مجمّع للكهرباء) ، وجملة من الظاهرات الأخرى، وبعضها اكتشفه فرانكلين حديثاً ، وبعضها الآخر سبق وكان مكتشفاً ، إلا أنه مفهوم بصورة غير كاملة.

وإن نحن نظرنا الى عمل فرانكلين من الناحية المفضلة في عصرنا ، نتأثر بتنوعية الظاهرات التي القى الضوء عليها ، وبفعل اننا نستخدم في أغلب الاحيان ، وما نزال، نظريته ، بعد تعديلها قليلاً .

وكما كتب مكتشف الالكترون ج . ج . تومسون J.J. Thomson ان نظرية فرانكلين «تستخدم دائماً من قبل عدد كبير منا في أعمال المختبر . وإن نحن نقلنا قطعة من نحاس واردنا أن نعرف اذا كان هذا النقل يزيد أو ينقص في المفعول الذي نرصده ، فليس علينا أن نتسرع نحو الرياضيات العليا ، ولكنا نستخدم فكرة السائل الكهربائي البسيطة التي تقول لنا في بضعة ثوانٍ كل ما نريد معرفته » .

ومن جراء تأكيد نظرية فراكلين بأن كل الكهربات تنبثق عن تحول أو نقل المادة الكهربائية : إنّ ما يفقده مطلق جسم يكسبه جسم آخر ، وتتضمن النظرية فكرة « الإحتفاظ بالشحنة » . وفي كل الظاهرات الملحوظة ، تبدو الشحنات أو تختفي دائماً بكميات متساوية أو متعارضة . وهذا صحيح ايضاً فيما خص الأشياء المجسمة التي تحك بعضها ببعض كما هو صحيح عند مستوى الذرّة أو ما هو فوقها وذلك عند احداث او الغاء المزدوجات ، وعند ظهور أو اختفاء كل جسيم مكهرب مقترن بظهور او باختفاء الالكترون بشكل متتالٍ . ثم ان مبدأ « حفظ الشحنة » الذي قال به فرانكلين هو مثل « مبدأ حفظ كميات الحركة » الذي قال به وليس ونيوتن، أحد أكبر المبادىء في الحفظ . والمبدآن موجودان كوصفين مستقلين للطبيعة ، سواء في الماكروفيزيا أو الميكروفيزيا .

ومن المؤكد إذاً أننا ندين لفرانكلين بأول مساهمة كبرى علمية أصيلة جاءت من العالم الجديد . وأول اعتراف علمي رسمي بالهوية الاميركية الجديدة قد تم سنة 1788 ، عندما انتخب جامس بودوان James Bowdoin ، أول رئيس للاكاديمية الاميركية للفنون والعلوم ، على لائحة الاعضاء الاجانب في الجمعية الملكية .

في ضوء الانجازات التي تحققت في القرن 18 والاهتمام البارز عموماً بالعلوم كان من الممكن التوقع بأن المئة سنة التالية سوف تشاهد نشاطاً علمياً كبيراً في أميركا . ولكن الامة التي كان عليها أن تقتطع حدودها من المسافات البرية الموحشة في الغرب ، لم تكن تستطيع ظاهراً وبذات الوقت إنتاج أكتشافات علمية من الدرجة الاولى أو إنتاج علماء يؤثر انجازهم في العالم كله .

وإنه في حدود نصف القرن هذا الاخير اخذت الافكار العلمية الآتية من أميركا ، مرة اخرى ايضاً تستدعي الانتباه في المجموعة العلمية من العالم كله .

مراجع الفصل الثالث

J. Comas, Principales contribuciones indigenas precolombinas a la cultura universal (*Cahiers d'histoire mondiale*, t. 3, 1956) ; J. Rey Pastor, *La ciencia y la técnica en el descubrimiento de América*, 2e éd., Buenos Aires, 1945 ; C. Pereyra, *L'œuvre de l'Espagne en Amérique*, Paris, 1925 ; P. Henríquez Ureña, *Historia de la cultura en la America hispánica*, México, 1947 ; L. C. Karpinski, Mathematics in Latin America (*Scripta mathematica*, v. 13, 1947) ; A. Mieli, *La riencia del Renacimiento*, v. 5, Buenos Aires, 1952 ; J. J. Izquierdo, *La fisiología en México*, México, 1934 ; Id., *Montaña y los origines del movimiento social y cientifico de México*, México, 1954 ; Id., La botanique aztèque et la botanique mexicaine moderne (*Arch. int. Hist. des Sci.*, t. 8, 1955) ; F. Verdoorn, édit., *Plants and plant srience in Latin America*, Waltham (U.S.A.), 1945 ; J. Bell Jr, Medicine in sixteenth century New Spain (*Bull. of the hist. af medicine*, v. 31, 1957) ; E. Bonnefous et divers, *Encyclopédie de l'Amériqae latine*, Paris, 1954 ; M. Picón Salas, *De la conquista a la independencia*, México, 1944 ; R. Levene, édit., *Historia de América*, vol. 3, Buenos Aires, 1940 ; J. Vicens Vives, édit., *Historia de España y América*, vol. 3 et 4, Barcelona, 1961 ; E. de Gortari, *La ciencia en la historia de México*, México, 1963 ; J. Babini, *La evolución del pensamiento cientifico en la Argentina*, Buenos Aires, 1954 ; *Memarias del primer coloquio mexicano de historia de la ciencia*, 2 vol., México, 1964 ; J. T. Lanning, *Academic calture in the Hispanic colonies*, New York, 1940 ; J. M. Gutiérrez, *Origen y desarrollo de la enseñanza pública superior en Buenos Aires*, 1re éd., Buenos Aires, 1868 ; J. T. Medina, *Historia de la imprenta en los antiguos dominios españoles de América y Oceanía*, 2 vol., Santiago de Chile, 1958 ; J. T. Revello, *El libro, la imprenta y el periodismo en América durante la dominación española*, Buenos Aires, 1940 ; L. C. Karpinsky, *Bibliography af mathematical works printed in America through 1850*, Ann Arbor, London, 1940 ; M. Bargalló, *La minería y la metalurgia en la América española durante la época colonial*, México, 1955 ; A. A. Moll, *Aesculapius in Latin America*, Philadelphia, London, 1944 ; F. Guerra, *Historiografía de la medicina colonial hispanoamericana*, México, 1953 ; J. B. Lastres, *Historia de la medicina peruana*, 3 vol., Lima, 1951 ; E. Laval M., *Naticias sobre las médicos en Chile en los siglos XVI, XVII, XVIII*, Santiago de Chile, 1958 ; R. Archila, *Historia de la medirina en Venezuela. Epoca colonial*, Caracas, 1961 ; A. R. Steele, *Flowers for the King. Ruiz and Pavon and the Flora of Peru*, Durhan, 1964 ; F. Guerra, *Nicolás Bautista Monardes. Su vida y su obra (1493-1588)*, México, 1961.

F. de Azevedo, *A cultura brasileira*, Rio de Janeiro, 1943.

J. Delanglez, *Louis Jolliet. Vie et voyages, 1645-1700*, Montréal, 1950 ; M. Filion, Maurepas, Minister of the Navy : A New Portrait (*The Cornell Library Journal*, Spring 1967, 34-47) ; Id., *Maurepas, ministre de Louis XV, 1715-1749*, Montréal, 1967 ; R. Lamontagne, *La Galissanière et le Canada*, Paris, 1962 ; Id., *Succès d'intendance de Talon*, Montréal, 1964 (Paris, C.D.U., sous le titre : *Jean Talon, agent de Colbert, premier intendant du Canada au temps de Louis XIV*) ; Id., *Chabert de Cogolin et l'expédition de Louisbourg*, Montréal, 1964 ; Id., *La vie et l'œuvre de Pierre Bauguer*, Paris, 1964 ; Id., *L'Atlantique jusqu'au temps de Maurepas*, Montréal, 1965 ; Id., *Aperçu structural du Canada au XVIIIe siècle*, Montréal, 1964 ; Id., *L'administration du Canada*, Montréal, 1965 ; Id., *Ministère de la Marine — Amérique et Canada d'après les documents Maurepas*, Montréal, 1966 ; Id., Jean Prat, correspondant de Bernard de Jussieu (*Rapport des Archives du Québec*, t. 41, 1963) ; M. de La Roncière, *L'amitié franco-canadienne de Jacques Cartier à Chateaubriand*, Paris, 1967 ; G. Maheu, Bibliographie de Pierre Bouguer, 1698-1758

(*Revue d'histoire des sciences*, t. XIX, 1966, pp. 193-205) ; MARIE-VICTORIN (Fr.), *Flore laurentienne*, Montréal, 1935 ; J. ROUSSEAU, Le mémoire de La Galissonnière *(sic)* aux naturalistes canadiens de 1749 (*Le Naturaliste canadien*, vol. 93, 1966, pp. 669-681) ; J. C. RULE, Jean-Frédéric Phélypeaux, comte de Pontchartrain et Maurepas : Reflections on His Life and His Papers (*Louisiana History*, vol. 6, nº 4, 1965, pp. 365-377) ; C. F. C. STANLEY, édit., *Pioneers of Canadian Science/Les pionniers de la science canadienne*, Toronto, 1966. Chap. I : Léon LORTIE, « La trame scientifique de l'histoire du Canada » ; D. J. STRUIK, Mathematicians at Ticonderoga *The Scientific Monthly*, vol. 82, 1956, pp. 236-240) ; ID., American Science between 1780 and 1830 (*Science*, vol. 129 (1959), pp. 1100-1106 ; *ibid.*, vol. 130 (1959), p. 190) ; ID., Les sciences en Nouvelle-France (*Le jeune scientifique*, vol. 5, 1967, pp. 142-144) ; R. TATON, édit., *Enseignement et diffusion des sciences en France au XVIIIe siècle*, « Histoire de la pensée », XI, Paris, 1964 ; J. THÉODORIDÈS, Les relations scientifiques entre Michel Sarrazin (1659-1734) et Réaumur (*LXXXIVe Congrès des Sociétés Savantes*, 1959) ; A. VALLÉE, *Un biologiste canadien, Michel Sarrazin, 1659-1735* (sic). *Sa vie, ses travaux, son temps*, Québec, 1927 ; *Les botanistes français en Amérique du Nord avant 1850* (Colloques internationaux du C.N.R.S.), Paris, 1957.

Stefan LORANT, édit., *The New World : the first pictures of America made by John White and Jacques Le Moyne... with contemporary narratives of... the Virginia colony*, New York, 1946 ; Henry STEVENS, *Thomas Harriot, the mathematician, the philosopher, and the scholar...*, Londres, 1900 ; Conway ZIRKLE, *The beginnings of plant hybridization*, Philadelphie, 1935 ; Otho T. BEALL, Jr., et Richard H. SHRYOCK, *Cotton Mather, first significant figure in american medicine*, Baltimore, 1954 ; Brooke HINDLE, *The pursuit of science in Revolutionary America, 1735-1789*, Chapel Hill, 1956 ; Whitfield J. BELL, Jr., *Early american science*, Williamsburg, 1955 ; I. Bernard COHEN, *Some early tools of american science*, Cambridge, 1950 ; ID., *Franklin and Newton*, Philadelphie, 1956 ; Raymond J. STEARNS, Colonial Fellows of the Royal Society (*Osiris*, 1948, 8, 73-121) ; Theodore HORNBERGER, *Scientific thought in the american colleges, 1638-1800*, Austin, 1945 ; *Les botanistes français en Amérique du Nord avant 1850* (Colloques internationaux du C.N.R.S.), Paris, 1957.

فهرست

- أ -

- ب -

- ت -

- خ -

- د -

- ر -

- ز -

- س -

- ش -

- ص -

- ط -

- ع -

- غ -

ـ ف ـ

- ق -

- ك -

- ل -

- م -

- ن -

- هـ -

- و -

- ي -



فهرست بالرسومات والجداول

رقم الصورة | الصفحة

رقم الصورة	الصفحة

فهرست

الموضوع	الصفحة

الموضوع ـــــ الصفحة

الكتاب الثاني : علوم الطبيعة

الموضوع ـــــــ الصفحة

الكتاب الأول : العلوم الرياضية والفيزيائية

الموضوع ــ الصفحة

القسم الثالث : القرن الثامن عشر

الكتاب الأول : العلوم النظرية

الموضوع	الصفحة

الموضوع ــــــــ الصفحة

الكتاب الثالث : علوم الطبيعة

الموضوع ــ الصفحة

الموضوع ـــــــــــــــ الصفحة

الموضوع ـــــــــــــــــــــــــــــــــــ الصفحة

القسم الرابع : العلوم خارج أوروبا

